

# **MODELADO DE PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN CUATRO DIMENSIONES**



**DAVID FABIÁN RINCÓN ARIAS  
CÓDIGO: 505477**

**CAMILO ANDRES NIÑO SOTELO  
CÓDIGO: 505567**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, D.C  
2019**

**MODELADO DE PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN CUATRO  
DIMENSIONES**

**DAVID FABIÁN RINCÓN ARIAS  
CÓDIGO: 505477**

**CAMILO ANDRES NIÑO SOTELO  
CÓDIGO: 505567**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Civil.**

**Asesor  
CESAR DAVID QUINTANA  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, D.C  
2019**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, abril, 2019

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado es dedicado a:

Principalmente a Dios quien nos llevó por el buen camino, nos ilumino en cada proceso de aprendizaje y por darnos las fuerzas para seguir adelante y conseguir este gran objetivo.

A cada una de nuestras familias, amigos y personas especiales en nuestras vidas, gracias a todos ellos somos lo que somos; por la comprensión, el amor, el apoyo, la ayuda en los momentos difíciles que pasamos en este proceso y en cuanto a los recursos necesarios para poder terminar nuestra carrera.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes ya que son nuestra motivación para seguir adelante, hemos logrado concluir con éxito un gran proyecto muy necesario para nuestras vidas, agradecerles por su colaboración ya que siempre estuvieron en los momentos difíciles para darnos consejos y así terminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios quien fue el principal en iluminarnos y darnos todo el conocimiento para poder culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Gracias a nuestro director de trabajo de grado, el ingeniero Cesar Quintana, sin cuya colaboración en este trabajo hubiera sido mucho más largo y complicad, gracias por su mente prodigiosa, su criterio y su capacidad de enseñarnos. Gracias por motivarnos en avanzar a nuevas tecnologías y nuevos proyectos que nos sirven para lograr un buen desempeño laboral.

Gracias a todas las personas de la Universidad Católica de Colombia, por su atención, su colaboración y su amabilidad en todo lo referente a nuestras vidas como alumnos.

Gracias a las personas que fueron claves en nuestras vidas profesionales, gracias por empujarnos y transmitirnos cada uno de sus conocimientos y así poder culminar con éxito nuestra carrera.

## **TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN .....	15
1. GENERALIDADES .....	17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. Objetivo General .....	18
1.2.2. Objetivos Específicos .....	18
1.3. MARCO DE REFERENCIA .....	19
1.3.1. ESTADO DEL ARTE .....	19
1.3.2. MARCO TEÓRICO .....	22
1.3.3. MARCO DE ANTECEDENTES .....	26
1.3.4. JUSTIFICACIÓN.....	28
1.4. MARCO CONCEPTUAL .....	29
1.4.1. VENTAJAS DE BIM JUNTO AL CAD.....	31
1.4.2. ACRÓNIMOS .....	31
1.4.3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO .....	32
1.5. METODOLOGÍA .....	33
1.5.1. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	37
2. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA .....	38
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	38
2.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA.....	39
2.2.1. ANTES Y DESPUES VIVIENDA MULTIFAMILIAR .....	39

3. APLICACIONES DE COMPUTADOR UTILIZADAS EN LA MODELACION BIM 4D.	42
3.1. Curva de aprendizaje.....	42
3.2. Panorama Nacional .....	43
3.3. Licencia Educativa .....	43
4. MODELADO EN 4D PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA .....	44
4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA MODELADO EN 4D.....	44
4.2. CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES VIVIENDA MULTIFAMILIAR..	50
4.2.1. CUANTIFICACIÓN DE PLACAS.....	50
4.2.2. CUANTIFICACIÓN DE VIGAS .....	51
4.2.3. CUANTIFICACIÓN DE COLUMNAS.....	52
4.2.4. CUANTIFICACIÓN ESQUEMA DE MUROS.....	53
4.2.5. CUANTIFICACIÓN DE ESCALERAS. ....	54
4.2.6. CUANTIFICACIÓN DE LA CUBIERTA. ....	55
5. SIMULACIÓN DIGITAL DEL PROYECTO Y SU DOCUMENTACIÓN .....	56
6. ANALISIS DE RESULTADOS .....	60
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFIA.....	75
ANEXOS.....	78
1. DOCUMENTACIÓN PRODUCIDA POR LA CONSTRUCTORA.....	78
2. CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS MODELO CORREGIDO .....	90
3. MODELADO VIVIENDA MULTIFAMILIAR CORREGIDO .....	103
4. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA SIMULACION CONSTRUCTIVA y REFERENTE AL MODELADO CORREGIDO .....	106



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Uso de BIM en el mundo. ....	21
Ilustración 2: Ciclo de Vida de la Edificación. ....	23
Ilustración 3: Uso de BIM. ....	24
Ilustración 4: Building Information Modeling (BIM). ....	28
Ilustración 5: Procesos BIM. ....	29
Ilustración 6: Implantación BIM. ....	30
Ilustración 7: Esquema de definiciones concepto BIM. ....	32
Ilustración 8: Ciclo de vida de una edificación. ....	33
Ilustración 9: Mapa Tunja. ....	38
Ilustración 10: Ubicación Municipio. ....	39
Ilustración 11: Antes Proyecto. ....	40
Ilustración 12: Vivienda anteriormente. ....	40
Ilustración 13: Proyecto Multifamiliar. ....	41
Ilustración 14: Navegador desplegable ArchiCAD. ....	44
Ilustración 15: Insertar Nuevo listado. ....	45
Ilustración 16: Nuevo Elemento. ....	45
Ilustración 17: Herramientas de trabajo. ....	46
Ilustración 18: Nuevos campos. ....	46
Ilustración 19: Listado del Elemento. ....	47
Ilustración 20: Lista de elementos. ....	47
Ilustración 21: Listado de área, alturas y volúmenes del elemento. ....	48
Ilustración 22: Revista Construdata. ....	48

Ilustración 23: Rendimientos actividades.....	49
Ilustración 24: Detalles.....	56
Ilustración 25: Rampa Vivienda. ....	57
Ilustración 26: Sanitario sobre Viga 1. ....	57
Ilustración 27: Sanitario sobre Viga 2. ....	58
Ilustración 28: Placa Escalera.....	58
Ilustración 29: Ducto. ....	59
Ilustración 30: Cronograma suministrado por la constructora.....	60
Ilustración 31: Lista de Tareas Navisworks.....	64
Ilustración 32:Simulación Constructiva. ....	65
Ilustración 33:Simulación Constructiva. ....	65
Ilustración 34:Simulación Constructiva. ....	66
Ilustración 35:Simulación Constructiva. ....	66
Ilustración 36:Simulación Constructiva. ....	67
Ilustración 37:Simulación Constructiva. ....	67
Ilustración 38:Simulación Constructiva. ....	68
Ilustración 39:Simulación Constructiva. ....	68
Ilustración 40:Simulación Constructiva. ....	69
Ilustración 41:Simulación Constructiva. ....	69
Ilustración 42:Simulación Constructiva. ....	70
Ilustración 43:Simulación Constructiva. ....	70
Ilustración 44:Simulación Constructiva. ....	71
Ilustración 45: Planta Sótano y Primer Piso.....	78
Ilustración 46: Perfil general.....	79

Ilustración 47: Cortes y Fachadas.....	80
Ilustración 48: Planta Cubierta y Apartamento Tipo.....	81
Ilustración 49: Planta de Juntas. ....	81
Ilustración 50: Zapatas.....	82
Ilustración 51: Detalles Juntas. ....	82
Ilustración 52: Muro de Contención. ....	83
Ilustración 53: Placa Contrapiso. ....	83
Ilustración 54: Planta Cimentación.....	84
Ilustración 55: Vigas Cimentación detalles. ....	84
Ilustración 56: Planta Estructural Primer Piso.....	85
Ilustración 57: Planta Estructural Piso Tipo. ....	86
Ilustración 58: Planta Estructural de Vigas Aéreas y Detalles. ....	87
Ilustración 59: Planta Estructural de Cubierta.....	88
Ilustración 60: Detalles No Estructurales y Escaleras.....	89
Ilustración 61: Cronograma suministrado por la constructora.....	89
Ilustración 62: Cuantificación Corregido Placa.....	90
Ilustración 63: Cuantificación Corregida Vigas.....	91
Ilustración 64: Cuantificación Corregida Columnas. ....	92
Ilustración 65: Cuantificación Corregida Muros.....	94
Ilustración 66: Cuantificación Corregida Escaleras.....	101
Ilustración 67: Cuantificación Corregida Cubierta. ....	102
Ilustración 68: Detalles Corregido. ....	103
Ilustración 69: Sanitario corregido 1.....	103
Ilustración 70: Sanitario corregido 2.....	103

Ilustración 71: Rampa acceso corregida.....	104
Ilustración 72: Ducto corregido. ....	105
Ilustración 73: Ingreso escalera corregida. ....	105
Ilustración 74: Lista de Tareas Navisworks Corregido. ....	108
Ilustración 75: Simulación Constructiva. ....	108
Ilustración 76: Simulación Constructiva. ....	109
Ilustración 77: Simulación Constructiva. ....	109
Ilustración 78: Simulación Constructiva. ....	110
Ilustración 79: Simulación Constructiva. ....	110
Ilustración 80: Simulación Constructiva. ....	111
Ilustración 81: Simulación Constructiva. ....	111
Ilustración 82: Simulación Constructiva. ....	112
Ilustración 83: Simulación Constructiva. ....	112
Ilustración 84: Simulación Constructiva. ....	113
Ilustración 85: Simulación Constructiva. ....	113
Ilustración 86: Simulación Constructiva. ....	114

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Aplicaciones acerca de BIM.....	25
Tabla 2: Matriz Metodológica. ....	35
Tabla 3: Cuantificación Placa.....	50
Tabla 4: Cuantificación Vigas.....	51
Tabla 5: Cuantificación Columnas. ....	52
Tabla 6: Cuantificación Muros.....	53

Tabla 7: Cuantificación Escaleras.....	54
Tabla 8: Cuantificación Cubierta. ....	55
Tabla 9: Ventajas y Desventajas.....	61
Tabla 10: Cronograma simulación constructiva. ....	62
Tabla 11: Cronograma simulación constructiva corregido. ....	106

### **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1: Documentación Producida por la constructora.....	78
Anexo 2: Cuantificación de Elementos Modelo Corregido.....	90
Anexo 3: Modelado Vivienda Multifamiliar Corregido.....	103
Anexo 4: Registro Fotográfico De La Simulación Constructiva.....	106

## GLOSARIO

**BIM:** Acrónimo en inglés “Building Information Modeling” y en español “Modelado De Información De Construcción”.

**MODELADO DE LA INFORMACIÓN:** Proceso de generación y gestión de datos del proyecto durante su ciclo de vida, abarca la geometría del proyecto, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de los componentes del proyecto.

**3D:** Corresponden a el largo, el ancho y la profundidad de una imagen.

**4D:** Además de poseer las 3 dimensiones anteriores, cuenta con la cualidad de la cuarta dimensión, que es tiempo. Esto quiere decir que el objeto se encuentra en un espacio y en un tiempo real o en su defecto, tiempo virtual.

**CAD:** Acrónimo del inglés computer-aided design.

**ARCHICAD:** Software conocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de dibujar tanto en 2D, así como 3D.

**NAVISWORKS:** Integrador de modelos para la coordinación de proyectos mediante la simulación constructiva. Entre Los formatos que se pueden integrar se tienen: AutoCAD (.dwg, .dxf), IFC (.ifc), IGES (.igs, iges), Informatix MicroGDS (.man, cv7), Inventor (.ipt, .iam, .ipj), JTOpen (.it), entre otros.

**VIVIENDA MULTIFAMILAR:** Recinto donde unidades de vivienda superpuestas albergan un número determinado de familias, cuya convivencia no es una condición obligatoria.

**EDIFICACIÓN:** Nombre genérico con que se designa cualquier construcción de grandes dimensiones fabricada con piedra o materiales resistentes y que está destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana.

## INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la civilización global de la humanidad el hombre ha buscado la forma comunicar comunidades, pueblos, ciudades, entre otros, para garantizar el acceso de los recursos, convirtiendo esta comunicación en una necesidad prioritaria para cada comunidad en el mundo, independientemente de la zona en la que está se encuentre. Esta necesidad prioritaria ha causado que se creen distintas formas de garantizar comunicación entre sociedades, dependiendo de las características, condiciones y necesidades específicas de cada comunidad. A su vez se han creado también diferentes formas de diseñar y modelar proyectos referentes a infraestructura, proyectos que a lo largo del tiempo se reinventan con el fin de facilitar la realización de los mismos en todos los aspectos. Una de estas formas de diseñar y modelar más recientes referentes a sistemas de construcción es el modelado de información de construcción, también conocido como BIM (Building Information Modeling) por sus siglas en ingles. BIM es una metodología o manera de trabajo colaborativa que permite a todas las partes involucradas trabajar con mayor efectividad a la vez que mejora el desempeño para que los procesos sean más eficientes mediante intercambios de información definidos asistidos con información visual 2D o 3D. El Arq. Alejandro Monterroso, de Danta Arquitectura en Guatemala, <sup>1</sup>explica que la información generada a partir de un modelo BIM puede utilizarse para la comercialización, conceptualización, diseño detallado, planificación, contrataciones, cuantificaciones y costos, construcción, y operación de una edificación u obra de infraestructura. Asimismo, incluye aplicaciones para reportar los avances de obra en tiempo real.

Este modelado de información de construcción, es un concepto desconocido en muchos países, en su mayoría latinoamericanos, mientras que en otros países como Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia es necesario presentar el proyecto en este formato para presentarse ante una licitación con el estado. Teniendo en cuenta lo anterior es clara la forma en que se van a presentar los proyectos en un futuro, es por esto que es de suma importancia el aprender y empezar a aplicar estos conceptos tanto en la academia como de forma auto didacta para así mantener a la universidad y a los estudiantes mismos como personas capacitadas para asumir su cargo en el mundo competitivo de hoy.

Para explicar de mejor manera la modelación BIM, se cita a continuación la explicación de la modelación BIM, brindada por GRAPHISOFT, referente mundial en el desarrollo de software tipo BIM. (Cuando algo se convierte en BIM empieza con un modelo digital 3D del edificio. Este modelo no es más que pura geometría y algunas texturas colocadas sobre él para su visualización. Un verdadero modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos tienen todas las

---

<sup>1</sup> Construir. (2017). ¿En qué consiste la metodología BIM? Tomado de: <https://www.pressreader.com/honduras/construir-honduras/20170601/textview>

características -físicas y lógicas- de sus componentes reales. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como son los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno virtual antes de que se inicie su construcción real.)<sup>2</sup>

En el presente proyecto se buscó realizar la comparación entre CAD y BIM tomando como referente un proyecto de construcción ya finalizado, elaborado en dos dimensiones, además, posteriormente se modeló a través de un sistema de información para permitir una correcta administración de los recursos y procesos, lo que incrementara la eficiencia del tiempo y de los recursos destinados para el proyecto.

---

<sup>2</sup> Graphisoft. (2019). Acerca de BIM: Algunos términos generales sobre el Modelamiento BIM. Tomado de: [https://www.graphisoft.es/archicad/open\\_bim/about\\_bim/](https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/)



## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En Colombia, actualmente el uso del Software Microsoft Project se ha hecho muy necesario para los proyectos de inversión relacionados con obras civiles, debido a su gran aporte en el manejo de la distribución del tiempo para cada una de las tareas que el proyecto requiera.

Herramientas como el diagrama de Gantt, una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado, son usadas con reiteración en organizaciones gubernamentales como el Instituto de Desarrollo Urbano en adelante IDU, la Secretaría Distrital de Movilidad y también en empresas públicas. Para la implementación de esta herramienta y otras herramientas de gran ayuda para la planeación del proyecto, es usado el software Microsoft Project. En el momento que surge la necesidad de la utilización de otro software para implementar la dimensión del tiempo en los proyectos, surgen a su vez problemáticas como: Costos elevados y mal uso del tiempo, frecuencia de errores y poca eficiencia.

Con base en las problemáticas mencionadas en el párrafo anterior, es que se considera necesaria la implementación de un nuevo sistema de modelado de construcción en el que se reúnan todos los aspectos a tener en cuenta en un proyecto de construcción y se trabajan en equipo simultáneamente, este nuevo sistema es el sistema BIM.

BIM; refiriéndose a sus siglas en inglés “Building Information Modeling” es una metodología que permite realizar simulaciones digitales de diseño, manejando coordinadamente toda la información que conlleva un proyecto de arquitectura. Mientras el sistema CAD permite el diseño en 2D o 3D sin distinguir sus elementos, este sistema de datos incorpora el 4D es decir el tiempo y 5D es decir los costos, entre otros, permitiendo gestionar la información de manera inteligente durante todo el ciclo de vida de un proyecto, automatizando procesos de programación, diseño conceptual, diseño detallado, análisis, documentación, fabricación, logística de construcción, operación y mantenimiento, renovación y/o demolición.

Por tanto: ¿EL ERROR EN CÁLCULO DE TIEMPO DE LA PLANEACIÓN DE UN PROYECTO MECANICAMENTE, PODRÍA REDUCIRSE POR EL USO DE UN SOFTWARE BIM?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Modelar los datos e información de un proyecto de infraestructura con técnicas de cuatro dimensiones a fin de establecer sus ventajas y desventajas.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar un proyecto de infraestructura ya programado y con duración entre 1 y 3 años.
- Seleccionar una aplicación de computador para trabajo en BIM 4D de acceso gratuito.
- Generar el Modelo 4D del proyecto seleccionado y la máxima documentación posible.
- Comparar la documentación producida por la aplicación BIM y la contenida en el proyecto seleccionado.

### **1.3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **1.3.1. ESTADO DEL ARTE**

Según el estudio de encuesta nacional BIM en la Universidad de Chile describe que actualmente BIM es muy utilizado gran parte en Europa por países como Alemania, Suiza, Bélgica, Finlandia, Francia, Dinamarca y Noruega, donde lo han implementado para mejorar los proyectos de inversión de ingeniería civil en cuanto a la disminución de gastos de producción, calendario de obra, tiempos de espera, inventarios y movimientos innecesarios.

En Alemania y Francia gran parte de las empresas han implementado este nuevo modelo para el mejoramiento de carreteras, puentes, túneles y vías de tren; lo cual lo hace muy necesario para reducir los costos y errores de planeamiento. En Europa, ya varios años que empezaron con la utilización del software BIM lo cual ha sido muy importante para la industria de la construcción, son los más adelantados con este nuevo modelo que es muy importante para la industria de la construcción. En Finlandia, Dinamarca y Noruega el uso del BIM es obligatorio, ya tienen buenos resultados por los años que tienen de experiencia con el BIM y recomiendan lo bueno de esta nueva metodología, actualmente están más centrados en mejorar la eficiencia energética de sus edificios para hacerlos menos contaminantes y más competitivos.

En los países bajos, la mayoría de las carreteras del país se han construido con esta metodología permitiendo que las empresas accedan a nuevas maneras de trabajar y puedan ser más competentes.

En el Reino Unido se considera obligatorio el uso del BIM para mejorar las condiciones de entrega y reducir los costos más posibles. Para toda Europa han sido buenos resultados desde su primera implementación y el primer proyecto que se realizó. Por su parte, Escocia también es obligatorio desde 2017 para cualquier tipo de proyecto de ingeniería civil u obras civiles.

En España, se considera implementarlo a nivel nacional para el sector de la construcción, para mejorar el uso de metodología de trabajo, debido a que, está sufriendo una evolución constante, ya que estos proyectos son muy complejos, el objetivo principal de aquí a 2020 es que todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases de Diseño, construcción y mantenimiento; no solo en los nuevos proyectos, sino también los proyectos de reconstrucción. Y al igual que Alemania y Francia, se busca que en España también sea obligatorio este uso.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Hernández, Javier. (2018). BIM en España obligatorio a partir de 2018. Tomado de: <https://www.cice.es/noticia/landing-blog/bim-obligatorio-espana-2018/>

En Europa prácticamente ya el 65% de personas en la construcción han utilizado esta nueva metodología, pero según un estudio de Autodesk, todavía existe un cierto porcentaje de personas o empresas más que todo pequeñas que no quieren dar el salto al no existir un estudio fehaciente de gastos y retorno de la inversión. Por su parte, los propietarios lo tienen claro que el BIM: ha aumentado su habilidad para participar en el proceso de diseño, produce mejores documentos de construcción, ha mejorado su habilidad para planificar la construcción, ha aumentado su habilidad para gestionar el alcance del proyecto y ha aumentado su habilidad para entender el diseño.

Hoy en día existen países donde la tecnología BIM se encuentra consolidada y con datos suficientes para demostrar la mejora de calidad y ahorro económico de los proyectos de construcción. Otros muchos países se encuentran en plena fase de implantación y desarrollo de la metodología a través de medidas gubernamentales que pretenden regularizar la utilización del BIM dadas las estadísticas arrojadas por los países donde su implantación se encuentra mucho más evolucionada. Estados Unidos, Canadá, China, Finlandia, Alemania, entre otros son algunos de los ejemplos de países con mayor implementación de estándares BIM.

En Estados Unidos, la General Services Administration (GSA) exige la definición de los proyectos de la construcción en formato BIM desde 2007. En Canadá, desde 2013, los grandes proyectos de edificación e infraestructuras demandan BIM. El Institute for BIM in Canada (IBC), formado por profesionales públicos y privados, coordina su uso en el sector de la construcción.

En cuanto a Latinoamérica la integración del BIM en los grandes proyectos no está siendo homogénea. En países como Chile, Colombia o Perú es ya una realidad. Tienen mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta implementación no crece al mismo ritmo como es generado en Europa. En la mayoría de los países de Latinoamérica el paso al BIM sigue una progresión muy lenta.

En Argentina se ha enfrentado a la realidad BIM a un ritmo muy lento. Su conocimiento e implementación no ha evolucionado a la misma velocidad que países como Brasil y Chile. Pero allí preparan poco a poco centros de profesionales que puedan llegar a adaptarse a este nuevo entorno. Al sector chileno en cambio está evolucionando rápidamente, es uno de los países con mejor aceptación, ya se ha encaminado poco a poco en algunas empresas donde han generado grandes ventajas y beneficios. Chile piensa implementarlo en el año 2020 para que sea obligatorio en proyectos públicos. En otros países de Latinoamérica se están promoviendo la utilización de procesos BIM, está siendo un tema a tratar y podría llevar algo más de tiempo para implementarlo en algunos países.

Para Colombia es quizá el país con más conciencia BIM de todos los otros países

que han llegado a tratarlo, para 2018 seguirá siendo un gran año en el crecimiento del BIM, saldrán nuevos proyectos, iniciativas, creadas en un entorno completamente BIM. Será un año de nuevas oportunidades para que el BIM no deje de crecer. En algunas instituciones se ha incluido dentro de sus programas académicos enseñar algunos softwares tecnológicos que involucran la metodología BIM. Los conocimientos de BIM son escasos en el país por lo que muchas empresas se destacan por formar a sus equipos e iniciar una implementación gradual en función de sus posibilidades. La iniciativa de estas empresas ha hecho que cada vez más compañías del sector apuesten por la adopción de un sistema eficiente, popular y que ofrece la posibilidad de formar a su propio equipo.

Para el 2020, la compañía ASIDEK<sup>4</sup> estima un crecimiento en el mercado BIM donde crecerá hasta un 12% en Norteamérica, un 13% en Europa y Asia y un 11% en el resto del mundo.

Ilustración 1: Uso de BIM en el mundo.



Fuente: El rol del BIM Manager, Gestión y Calidad, 2015.

<sup>4</sup> ASIDEK CT SOLUTIONS. (2016). La situación del BIM en el mundo evoluciona exponencialmente. AUTODESK, Tomado de: <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>

### 1.3.2. MARCO TEÓRICO

A lo largo del proyecto de grado se desarrollaron distintos conceptos en los cuales hay que tener en cuenta cada una de sus definiciones y sus respectivas características, para esto se darán descripción acerca del software BIM sus características y que se podría utilizar en ella.

En teoría la modelación de información de construcción es una metodología de trabajo en proyectos de construcción que permite a todos los participantes del proyecto, ver, interactuar y modificar un modelo de información digital, creado entre todos los participantes del proyecto.

El BIM es la evolución de los sistemas de diseño usados tradicionalmente, los planos, lo que conlleva pasar de sistemas de diseño basados en 2D a trabajar con sistemas de diseño mucho más completos, como el BIM que incorporan 3D es decir información geométrica, 4D es decir información de tiempo, 5D que se refiere a los costos, 6D que se refiere a la información ambiental y hasta 7D referente a las actividades de mantenimiento. Al incorporar estas otras dimensiones, como el tiempo, por ejemplo, se tiene una idea mucho más acertada de lo que todo el proyecto acarrea, facilitando en gran manera su formulación y gestión y a la vez reduciendo los costos totales del mismo.

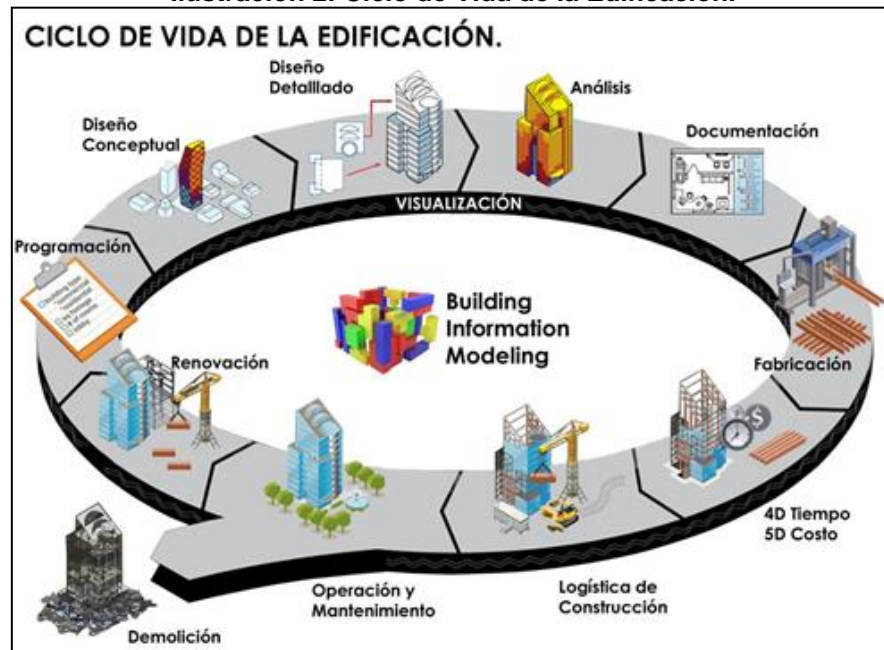
Las características más representativas de la modelación BIM son:

- Contenedor único: Tiene la capacidad de incorporar toda la información del proyecto en un único modelo en 3D, accesible y modificable por cualquier miembro sin importar su disciplina.

- Diseño paramétrico: Según Eloi Coloma, director del máster en BIM Management, describe que los objetos no son representaciones sino entidades definidas según sus características que después se generan y se muestran a través de todo tipo de vistas especializadas.

Esta tecnología, permite cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un edificio mostrando información sobre mediciones, volúmenes, recorridos de evacuación, consumo energético y además gracias a esto al realizar modificaciones en el modelo, automáticamente todas las vistas se van actualizando eliminando posibles errores e incoherencias.

Ilustración 2: Ciclo de Vida de la Edificación.



Fuente: BIM 3D <sup>5</sup>

En Europa Oriental existe una organización sin ánimo de lucro llamada Building Smart, que tiene como objetivo fomentar e incentivar el uso de la metodología BIM en España con el fin de impulsar la eficacia en el sector de la construcción.

Para Autodesk, compañía dueña del software Revit, la mayor ventaja que posee el modelado de información BIM es la facilidad de comunicación que se genera en entre los sectores de arquitectura, ingeniería y construcción.

Jerry Laiserin, responsable de la difusión del concepto BIM en el mundo, establece:

“BIM, es un proceso de representación que crea vistas, con su gran cantidad de datos disponibles para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y a optimización.”

El software Synchro es utilizado por arquitectos y diseñadores para el diseño y la creatividad gracias al programa de archicad, además tiene buena innovación en las herramientas que lo conforman, donde permite que las edificaciones se

---

<sup>5</sup> Ciclo de vida de la edificación, acerca de BIM, arquitectura y construcción en BIM. Tomado de: <https://todo-3d.com/bim-3d/>

puedan diseñar en buenos términos. Todos estos diseños son tomados en 3D lo cual se puede observar los resultados en un entorno real.<sup>6</sup>

Archicad para BIM fue una de las primeras plataformas que salió al Mercado, el desarrollo inicial se planteó para Macintosh, fue la única plataforma para el desarrollo BIM. Hoy por hoy archicad ha mejorado todas las herramientas de trabajo para tener un buen uso del software BIM.<sup>7</sup>

Industry Foundation Classes, el IFC es un modelo de datos abierto, su objetivo principal es servir como estándar global para el intercambio de datos en entornos BIM, ha sido desarrollado por BuildingSmart, este es muy bueno para la interoperabilidad en el sector de la construcción, el IFC puede traducir a otros softwares como el caso de Revit, este IFC traduce todos los componentes y materiales para facilitar un mejor trabajo.<sup>8</sup>

**Ilustración 3: Uso de BIM.**

País	Exigencias	Año
Finlandia	Uso de IFC en proyectos de ejecución	2007
Suecia	BIM en la docencia	2007
Noruega	Uso de BIM en edificios públicos	2007
Dinamarca	Uso de BIM en edificios públicos >1ME	2007
Holanda	Uso de BIM en edificios públicos	2011
Alemania	Pilotos iniciativa BIM	2015
Reino Unido	Uso de BIM en edificios públicos	2016
Francia	Iniciativa BIM <sup>2</sup>	2017
España	Fomento, Creación Comisión BIM, Hoja de Ruta hacia 2019 Comité AEN CTN41/SC13	2019

DIRECTIVA 2014/24/UE - Uso de BIM en contratación pública para 2016

Fuente: IFC metodologías BIM., 2018.

En teoría la aplicación BIM permite crear y gestionar un modelo BIM, permite crear trabajos diferentes en el cual se puedan enlazar fácilmente y extraer proyectos a otros tipos de software con la misma información creada. Estas aplicaciones se pueden explicar en tres métodos que fácilmente todos los proyectos se pueden

<sup>6</sup>Imasgal. (2019). Diseño de ArchiCAD en bim. Tomado de: <https://imasgal.com/archicad/>

<sup>7</sup> Apogea. (2015). ArchiCAD, la primera de las plataformas con el uso BIM, el uso de Open BIM. Tomado de: <http://www.apogeavirtualbuilding.com/archicad-la-primera-de-las-plataformas-bim/>

<sup>8</sup> Rodríguez, Jesús. (2018). ¿Qué son las IFC para el uso de BIM? Tomado de: <https://retaintechologies.com/que-son-las-ifc-para-bim/>



utilizar que son: el trabajo multidisciplinar, la tecnología paramétrica y el entorno multivista.<sup>9</sup>

**Tabla 1: Aplicaciones acerca de BIM.**

<b>APLICACIONES BIM</b>	<b>APLICACIONES CONECTABLES</b>
AutoCAD	Presto.
Revit	CYPE
Allplan	Tricalc
ArchiCAD	3DStudio Max
Bentley	SketchUP
Teckla Structure	Navisworks

Fuente: Introducción a la tecnología BIM, 2008.<sup>10</sup>

La herramienta Navisworks es de gran utilidad para simulaciones de procesos constructivos, además de contar con la capacidad de interconectar diseños interdisciplinarios, en un único modelo que los contenga a todos, facilitando enormemente la interoperabilidad entre diferentes grupos de trabajo enfocados en un mismo proyecto. Autodesk, empresa dueña de este software lo expone de la siguiente manera: “Los datos de los diseños multidisciplinarios creados en una amplia gama de aplicaciones de modelado de información de construcción (BIM), de prototipo digital y de diseño de las plantas de proceso se pueden combinar en un único modelo de proyecto integrado”<sup>11</sup>. Como resultado de esta facilidad en la interpretación, análisis y desarrollo de los proyectos, factores como análisis, costos, visualización en presente y en futuro, entre otros, se ven optimizados mejorando la viabilidad del proyecto de forma evidente. Para la empresa Autodesk la idea se plantea de la siguiente forma: “Unas completas prestaciones de

<sup>9</sup> Eloi Coloma Picó. (2008). Introducción a la tecnología BIM. Tomado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Tecnolog%C3%ADa%20BIM.pdf>

<sup>10</sup> Eloi Coloma Picó. (2008). ¿Qué es una aplicación BIM? Tomado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/12226/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Tecnolog%C3%ADa%20BIM.pdf>

<sup>11</sup> Navisworks: Software utilizado en el mundo BIM para la modelación y simulación de proyectos. Tomado de: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Navisworks/files/GUID-82273D46-50EB-42F1-A1BC-0F60DF68621D-htm.html>

planificación, cuantificación, coste, animación y visualización permiten a los usuarios desarrollar sus diseños y simular las construcciones, lo que les proporcionará una mejor perspectiva y mejorará su capacidad de predicción. La navegación en tiempo real se combina con un conjunto de herramientas de revisión para apoyar la colaboración entre el equipo del proyecto.”<sup>12</sup>

### 1.3.3. MARCO DE ANTECEDENTES

La historia de la construcción en los últimos 20 años ha sido muy compleja, debido a los tantos software y programas que este maneja. BIM, es un término que se ha vuelto muy relevante para los campos de diseño y construcción, su historia principalmente se basa en Estados Unidos y Europa Occidental, ellos son los que compiten para crear nuevas soluciones para interrumpir los flujos de trabajo.<sup>13</sup>

Ha habido abundantes trabajos con el propósito de entender y describir la evolución de BIM, también de una forma tecnológica se puede considerar que forma parte de un viaje que toma aspectos a partir de los primeros formatos gráficos electrónicos que se desarrollaron con el fin de mejorar la construcción en entornos universitarios en la década de 1950. Una de las definiciones más cercanas al concepto BIM, fue en los años 1975 donde fue expresada por un profesor de Georgia Tech Institute of Technology, Charles M. Eastman, en su libro “The use of computer instead of Drawings in Building Design” donde:

Muchos de los costos de diseño y construcción provienen de diseños de dibujo como una forma de informar los registros de construcción. En este libro describe cómo es útil almacenar un documento y tener la manipulación de información, corrigiendo con detalle el proyecto, permitiendo modificar el diseño y realizando varios análisis operativos.

Aunque la mayoría coincide en que fue Jerry Laiserin quien en 1987 popularizó el término con el objetivo de intercambiar e interoperar información en formato digital mejorando esta nueva metodología.

- **Evolución del CAD al BIM:** Durante muchos años todas las tecnologías a nivel mundial han ido cambiando con el fin de mejorar algunas herramientas de trabajo. En los años anteriores CAD fue evolucionando cada vez

---

<sup>12</sup> Autodesk.(2018).Compañía dedicada al desarrollo de softwares BIM.Tomado de : <https://knowledge.autodesk.com/es/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Navisworks/files/GUID-82273D46-50EB-42F1-A1BC-0F60DF68621D-htm.html>

<sup>13</sup> Pérez, Juan. (2017). Historia acerca de BIM (Building Information Modeling). Tomado de: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/single-post/HistoriaBIM>

dejando a un lado el papel con el que se trabajaba, sus diferentes mesas de dibujo y sus elaboraciones de maquetas de cartón y ya a mediados de los setenta empezó a convertirse en una herramienta muy fundamental para el nivel profesional y fue conocida en el sector de la construcción como AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). El BIM ha hecho un gran avance respecto al CAD, ya que el diseño en CAD sigue trabajando para mejorar sus modelos que puedan interactuar entre sí, mientras que BIM es al contrario porque es un sistema de trabajo que se basa en un modelo único constituido por varios objetos de la construcción como materiales que lo componen, la geometría de sus edificios, sus instalaciones, volumen, estructuras y además comunica los errores que este pueda tener para beneficiar a la industria de la construcción.

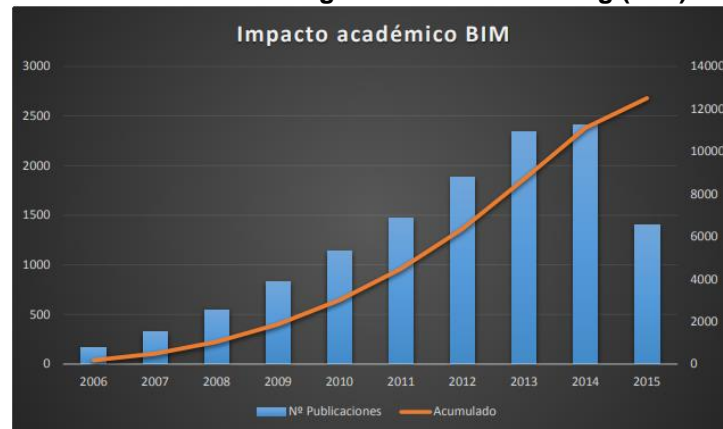
- **Programas importantes en la industria BIM en el mundo y Colombia:** All Plan, ArchiCAD y Revit, en Colombia Revit es el Software más utilizado porque se involucra en la parte técnica de los proyectos y es el que se ha implementado en la mayoría de las compañías.

En Colombia anteriormente existe una asociación sin ánimo de lucro [28] con el objetivo de promover y ejecutar la implementación del BIM, consiste en la integración de todos los procesos de la industria de la construcción durante todo su ciclo de vida a través de la gestión, el uso y el intercambio coordinado de toda la información asociada a dichos procesos. Los principales objetivos de dicha asociación son:

- Divulgar los beneficios y oportunidades que implican la implementación de la metodología BIM en Colombia.
- Agrupar todo el contenido que se requiere en el ciclo de un proyecto.
- Mejorar todos los estándares de construcción con BIM en Colombia.
- Promover el uso del BIM como metodología que favorece la eficiencia en el diseño, ejecución y operación de proyectos.

Según la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), destaca que más del 40 por ciento de las edificaciones nuevas que se desarrollan en Colombia ya están implementado el Modelo de Información para Construcción, en el departamento de Antioquia la mayoría de las personas lo están usando para proyectos de vivienda y mejoras de algunas edificaciones, mostrando las posibilidades de detectar fácilmente los errores y deficiencias que pueden presentar dichos proyectos generando ahorros y más control en los ciclos.

**Ilustración 4: Building Information Modeling (BIM).**



Fuente: Building Information Modeling, 2016.

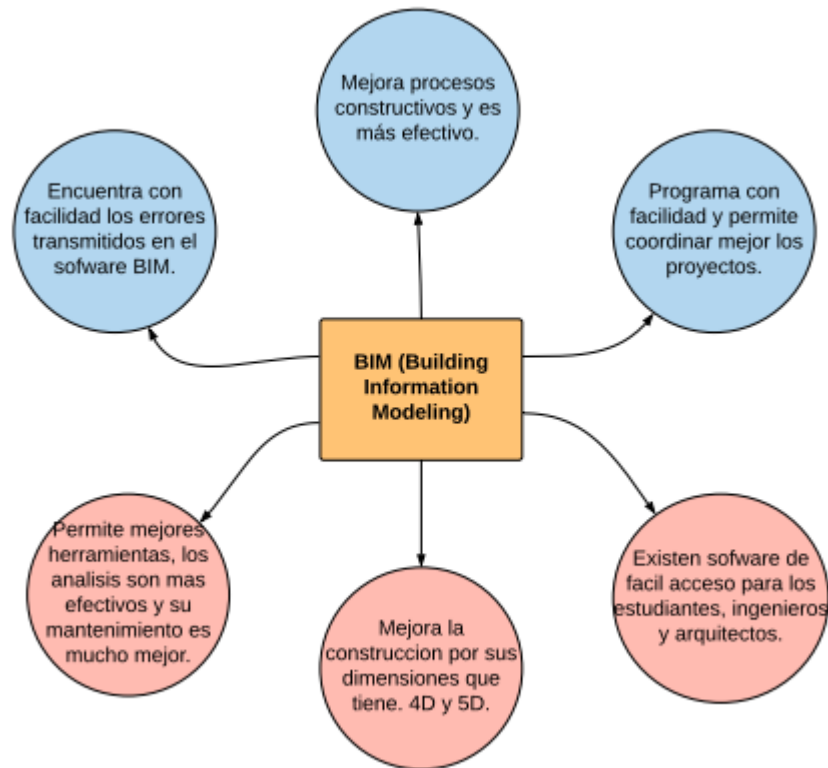
#### **1.3.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto busca principalmente reducir los costos de tiempo en la ejecución de una obra, lo cual conlleva incorporar el sistema de modelado BIM en un proyecto de construcción en Colombia en comparación con el sistema de modelación tradicional, el cual se está implementando en la actualidad. Con esta comparación se plantea el gran potencial que tiene esta herramienta para ser implementada en todo el país debido a su optimización de costos y tiempo. Con el sistema de modelado BIM los proyectos cumplen con mayor certeza los plazos establecidos, reduciendo de esta manera también, las posibilidades de que exista la corrupción en los proyectos, especialmente en los proyectos públicos de infraestructura. El BIM es visto por muchos como el futuro en el área de la construcción debido a la gran acogida que ha tenido en algunos países. Colombia es quizá el país con más conciencia BIM, sin embargo, Angélica González, BIM Manager colombiana se refiere a la implementación del BIM por parte de instituciones públicas en Colombia de la siguiente manera: “las instituciones no han expresado la intención de involucrar la metodología en proyectos públicos como ocurre en algunos países vecinos”. Lo que significa que es pertinente que la Universidad Católica de Colombia plantee la posibilidad de investigar más a fondo acerca de este sistema de modelación con el fin de que a futuro, se pueda generar una asignatura, bien sea electiva o de la carrera referente al sistema BIM, para que posteriormente pueda ser incluido en el pensum de ingeniería civil.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado es necesario capacitarse en el modelado de información de construcción para estar al nivel que el mundo laboral de hoy exige, ya que si no se tiene conocimiento de este y de otros conceptos primordiales actuales será muy complicado acceder a las mejores ofertas laborales que ofrece el mercado.

## 1.4. MARCO CONCEPTUAL

Ilustración 5: Procesos BIM.



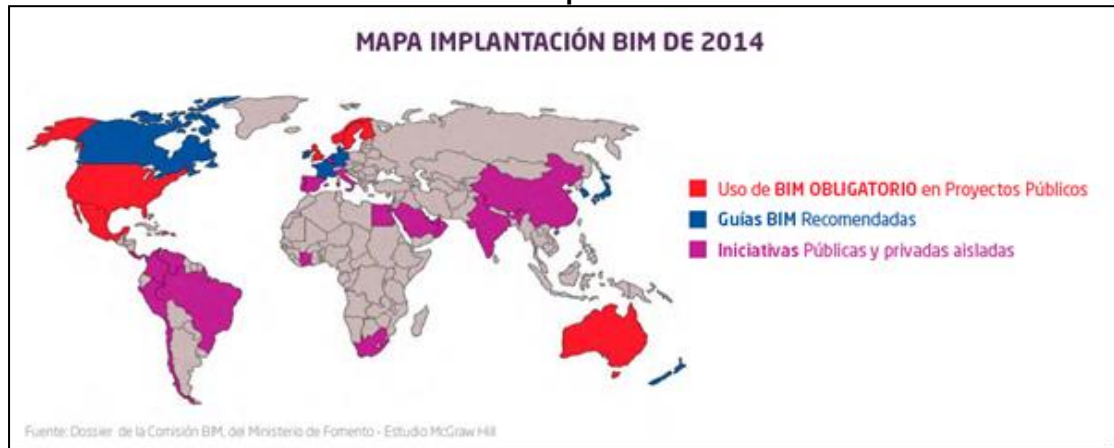
Fuente: Elaboración propia, 2019.

El BIM surge a partir de la necesidad de representar de una manera digital, los procesos constructivos de un proyecto a la vez que este se modifica y se somete a constantes cambios, es decir, se crea con el fin de hacer posible el trabajo multidisciplinario. El BIM también surge como solución a los problemas de integración entre los diferentes elementos, ya que con el BIM estas verificaciones se pueden realizar de manera segura y rápida. El BIM ofrece una nueva forma de generar la documentación del proyecto ya que lo hace de manera automática, es decir, presupuestos, planificación y estructuras, aumentando de esta manera la productividad y el ahorro de tiempo y costos. Por otra parte, con la incorporación del BIM es posible saber el impacto energético de cada uno de los materiales que componen la obra, dando así la posibilidad de diseñar edificios inteligentes cada vez más integrados con el entorno sostenible y eficiente.

En 2002 se creó el primer proyecto BIM integrado en Finlandia, luego en 2007 se crearon algunas guías por parte de Estados Unidos y Finlandia para llevar a cabo un proyecto en BIM, en 2010 el Reino Unido anuncia los requisitos para la

implementación y más tarde Finlandia publica los requerimientos BIM que se deben llevar a cabo para la modelación de un proyecto.

**Ilustración 6: Implantación BIM.**



Fuente: Building Smart.es

El concepto fue creado por CHARLES M. EASTMAN, en 1975 escribió en su libro “The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design” describiendo el concepto “Building Description System”. El mismo predecía un excelente modelo paramétrico, donde los contratistas podrían encontrar tantas ventajas de información en tan solo un modelo de diseño.

Sin embargo, quien lo manejo y popularizó más fue Jerry Laiserin, quien años más tarde comenzó representaciones digitales de procesos de construcción con un único objetivo de intercambiar información con los contratistas.

- ❖ **BIM 3D:** Es la información genética, donde el participante puede enriquecerse con toda una serie de informaciones que permite integrarse con cálculos estructurales, mediciones y presupuestos, instalaciones y mantenimiento.
- ❖ **BIM 4D:** Es un modelo que se le agrega la dimensión del tiempo. Es decir, que se puede asignar una variación de tiempo para cada construcción, permitiendo controlar el proyecto, realiza simulaciones para las fases de construcción, el tiempo de diseño del plan de ejecución verifica las posibles dificultades, donde podríamos aumentar la productividad facilitando el cumplimiento de los plazos.

#### 1.4.1. VENTAJAS DE BIM JUNTO AL CAD

- Integración de toda la información necesaria para realizar el ciclo de todo un proyecto, el ciclo de vida.
- Optimización, permite toda la organización de las fases de un proyecto y diseño de construcción y mantenimiento.
- Dinamismo.
- Agilización: Detecta rápidamente los errores que puede llegar a tener un proyecto y además permite realizarlo de una manera más ágil manteniendo su calidad.
- Flexibilidad.
- Simplificación del seguimiento de un proyecto y la extracción de información. Fácilmente se puede adquirir mediciones, costos, tiempos, etc.
- Especialización: Trabajo con elementos complejos ya adecuados en el entorno de la construcción civil, generando nuevas experiencias para los constructores y diseñadores.
- Creación de sinergias.

#### 1.4.2. ACRÓNIMOS

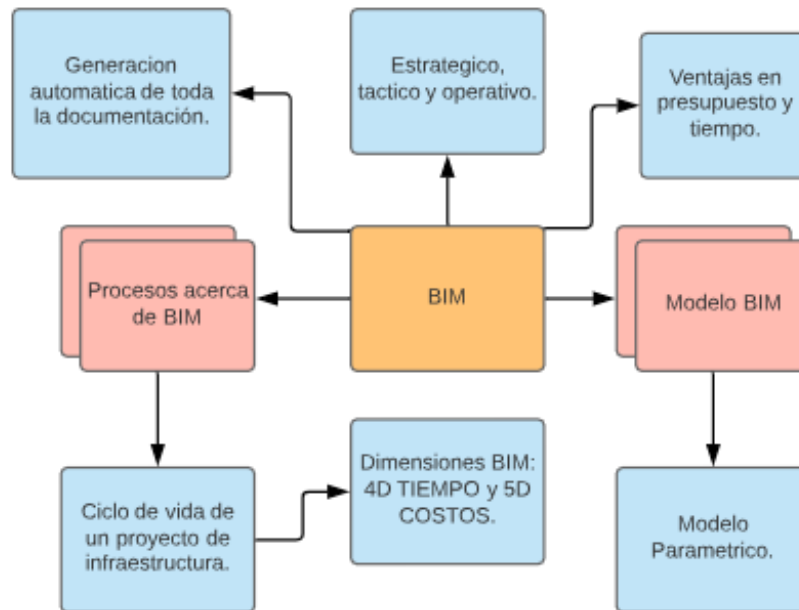
- **BIM:** Building Information Modeling. Modelado de información de construcción.
- **CAD:** Computer-Aided Drafting. Dibujo Asistido por computador o diseño asistido por computador.<sup>14</sup>
- **AEC:** Architecture, Engineering and Construction. Se emplea en la bibliografía especializada para hacer una mención conjunta sobre las tres tareas.<sup>15</sup>
- **IFC**<sup>16</sup>: Industry Foundation Classes. Es un repositorio de datos.

---

<sup>14</sup> Autodesk. (2019). CAD: es el dibujo asistido por computador. Tomado de: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-software>

<sup>15</sup> Arboleda, Alfonso. (2012). Son los procesos BIM. Tomado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11135/MojicaArboledaAlfonso2012.pdf?sequence=1>

**Ilustración 7: Esquema de definiciones concepto BIM.**



**Fuente: Elaboración propia, 2019.**

### **1.4.3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO**

El ciclo de vida de un proyecto de construcción está constituido por las etapas que atraviesa una edificación desde su concepción hasta el fin de su vida útil. Para los procesos de BIM, lo emplea AUTODESK en un video sobre el ciclo que requiere la construcción en BIM, muestra como es la necesidad de controlar la fase operativa de la edificación reduciendo mayores costos que presenta la etapa.

---

<sup>16</sup> Rodríguez, Jesús. (2018).IFC es un repositorio de datos, es un plugin. Tomado de: <https://retaintechologies.com/que-son-las-ifc-para-bim/>



**Ilustración 8: Ciclo de vida de una edificación.**



Fuente: AUTODESK.

- La principal característica del software con el que se va a realizar la modelación, es que su licencia debe ser gratuita, ya que se cree que el poco recibimiento del concepto BIM se debe en parte a los altos costos de las licencias correspondientes a dichos softwares.

### **1.5. METODOLOGÍA**

Para el trabajo de grado correspondiente a investigación aplicada, el objetivo general es la modelación de datos e información de un proyecto de infraestructura implementando técnicas de cuatro dimensiones con el fin de determinar las ventajas y desventajas de estas técnicas.

El primer objetivo específico se basa en elegir el proyecto de infraestructura a modelar, el cual debe estar ya programado y también tener como duración entre 1 a 3 años toda vez que es el tiempo suficiente, para poder desarrollar la modelación ajustado al tiempo, en el trabajo de grado. Para llevar a cabo esta tarea se realizarán consultas, entrevistas, solicitudes escritas, visitas entre otras actividades en entidades como el IDU, Fondo Nacional de Desarrollo, en adelante, FONADE y Secretaría Distrital de Movilidad sobre la disponibilidad de proyectos que ya se hayan ejecutado o que estén por ejecutar. Una vez elegido el proyecto se procede a apropiarse todos los datos e información del proyecto disponible, es decir: planos, memorias, respaldo de datos e información digital para posteriormente seleccionar los datos e información relevantes para el modelamiento.

El segundo objetivo específico consiste en seleccionar una aplicación de computador para trabajo en BIM 4D de acceso gratuito. Con base al objetivo

número dos se procede a realizar varias investigaciones mediante diferentes fuentes como: Sitios web, bases de datos, artículos y revistas científicas relacionadas con la construcción entre otros, con el fin de elegir de manera adecuada el software para realizar la modelación en el trabajo de grado.

En el tercer objetivo específico se plantea generar el modelo 4d del proyecto seleccionado y la máxima documentación posible, es decir, se procede a realizar la modelación el proyecto con el software elegido anteriormente y a extraer toda la información considerada relevante para posteriormente realizar la comparación entre el proyecto modelado y el ya existente.

Finalmente, el cuarto objetivo específico consta de comparar la documentación producida por la aplicación BIM y la contenida en el proyecto seleccionado. Teniendo en cuenta lo anterior se realiza un análisis comparativo entre la documentación producida por la aplicación BIM y la producida por el modelado ya existente con el fin de detectar las principales diferencias y concluir finalmente si es viable la implementación del BIM en los proyectos de infraestructura en el país.

Realizada la comparación se procede a identificar los errores e inconsistencias en cuanto al cronograma y los planos suministrados por la constructora ESSCO S.A.S, para así poder llevar acabo la corrección de los mismos en el modelamiento BIM con la ayuda del software Navisworks. Como resultado, se tendrán 3 tiempos de ejecución del proyecto: el suministrado por la constructora, el hallado teniendo como base el modelo 3D con los errores del plano suministrado y el tiempo hallado con base al modelo 3D corregido. Con estos tiempos obtenidos se realizará un análisis comparativo para así verificar la viabilidad de la implementación de la modelación BIM.

### 1.5.1. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 2: Matriz Metodológica.

TÍTULO DEL PROYECTO:		
MODELADO DE PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN CUATRO DIMENSIONES. CASO DE ESTUDIO.		
OBJETIVO GENERAL: MODELAR LOS DATOS E INFORMACIÓN DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA CON TÉCNICAS DE CUATRO DIMENSIONES A FIN DE ESTABLECER SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.		
OBJETIVO ESPECÍFICO 1: SELECCIONAR UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA YA PROGRAMADO Y CON DURACIÓN ENTRE 1 Y 3 AÑOS.		
ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTO
Consultar las entidades IDU, FONADE y Secretaría Distrital de Movilidad sobre disponibilidad de proyectos (ejecutados o por ejecutar) para modelar.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Visitas y entrevistas.</li><li>•Solicitudes escritas.</li><li>•Revisión en sitio web.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Capítulo 1 del informe final de trabajo de grado: caracterización del proyecto a modelar</li></ul>
Apropiar todos los datos e información del proyecto disponible.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Impresión de planos y memorias.</li><li>•Respaldo de datos e información digital.</li></ul>	
Seleccionar los datos e información relevantes para el modelamiento.		
OBJETIVO ESPECÍFICO 2: SELECCIONAR UNA APLICACIÓN DE COMPUTADOR PARA TRABAJO EN BIM 4D DE ACCESO GRATUITO.		
ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTO
Recolectar artículos empíricos o científicos sobre clasificación o calificación de aplicaciones para el modelamiento de proyectos en BIM 4D en	<ul style="list-style-type: none"><li>•Consulta en sitios web relacionados con el tema.</li></ul>	Capítulo 2 del informe final de trabajo de grado: tres aplicaciones de computador utilizadas

TÍTULO DEL PROYECTO:		
MODELADO DE PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA		
EN CUATRO DIMENSIONES. CASO DE ESTUDIO.		
ambiente Windows 10.	•Consulta de bases de datos científicas.	en la modelación BIM 4D.
Seleccionar la aplicación de escritorio Windows 10 a utilizar en el trabajo de grado.	•Uso de las aplicaciones.	Artículo: Usabilidad de la aplicación seleccionada para BIM 4D en el trabajo de grado.
	•Computador de mesa.	
	•Plotter.	
OBJETIVO ESPECÍFICO 3: GENERAR EL MODELO 4D DEL PROYECTO SELECCIONADO Y LA MÁXIMA DOCUMENTACIÓN POSIBLE.		
ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTO
Modelar el proyecto en la aplicación.	•Uso de la aplicación seleccionada.	•Capítulo 3 del informe final de trabajo de grado: Simulación digital del proyecto y su documentación.
Producir la documentación máxima posible.		
OBJETIVO ESPECÍFICO 4: COMPARAR LA DOCUMENTACIÓN PRODUCIDA POR LA APLICACIÓN BIM Y LA CONTENIDA EN EL PROYECTO SELECCIONADO.		
ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTO
Detectar las diferencias entre la documentación producida a través de la aplicación BIM 4D utilizada y la contenida en el proyecto original modelado.	Análisis comparativo entre documentos.	•Capítulos de CONCLUSIONES y de RECOMENDACIONES finales del informe de trabajo de grado.
Generar conclusiones sobre los documentos producidos y recomendaciones de uso de la aplicación utilizada.	Bitácora de uso de la aplicación.	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## **1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Este proyecto tiene como alcance buscar la modelación e implementación de un software con licencia gratuita para la elaboración de un proyecto ya ejecutado, se realizará la modelación en 3 dimensiones y finalmente se plasmara una comparación acerca de que software es más efectivo para la elaboración de proyectos de infraestructura de ingeniería civil, ya que en Colombia se tiene poco conocimiento acerca de BIM y lo que se busca es innovar de manera segura y eficiente mejorando tiempos y costos con el nuevo software BIM, con el propósito de mejorar las construcciones civiles y transmitir sus nuevas tecnologías.

- Se cuenta con un plazo de 6 meses para la entrega del proyecto, por lo cual este tiempo se debe distribuir de manera óptima con el fin de culminar el proyecto para el plazo acordado.
- La modelación se realizará tomando como referente un único proyecto del cual se llevará a cabo todo el análisis de tiempo y sus estudios respectivos al proyecto.
- El proyecto a modelar se implementará con el sistema BIM, que existe actualmente en nuestro país, teniendo en cuenta que existen modelos más avanzados a nivel mundial, con mayor tecnología, que a futuro podrían ser implementados en Colombia.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA

### 2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Tunja en el Departamento de Boyacá, se encuentra ubicado a 130 km al noroeste de la capital de Colombia, el proyecto está ubicado en el sur de Tunja es una Vivienda Multifamiliar, Tunja es la capital de Boyacá con un promedio de población de 202.939 habitantes, cada vez está aumentando mayor la población, debido a que es uno de los grandes municipios en cuanto a cultura, arte, construcción, etc. Las obras civiles en Tunja están aumentando gracias a que los ingenieros civiles están innovando en las obras de construcción, es por eso que se escogió este proyecto de infraestructura.<sup>17</sup>

Tunja tiene una superficie total de 121,4920 km<sup>2</sup>, se encuentra a 2782 metros sobre el nivel del mar con una latitud Media, su temperatura promedio esta entre los 13°C y sus coordenadas están en 5°32'25" N 73°21'41" O. <sup>18</sup>

Ilustración 9: Mapa Tunja.

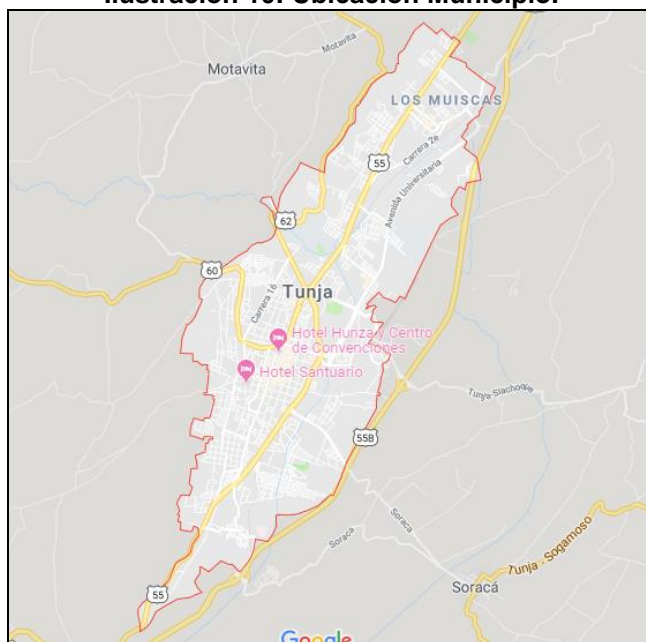


Fuente: IGAC, 2019.

<sup>17</sup> Alcaldía del Municipio de Tunja. Plan de ordenamiento territorial Municipio de Tunja. Tomado de: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20poblacion%20y%20territorio\(37%20pag%20-%20251kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20poblacion%20y%20territorio(37%20pag%20-%20251kb).pdf)

<sup>18</sup> Localización del municipio de Tunja. Tomado de: Alcaldía de Tunja – Boyacá. <http://www.tunja-boyaca.gov.co/municipio/geografia>

**Ilustración 10: Ubicación Municipio.**



Fuente: Google Maps, 2019.

## **2.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA**

El proyecto de infraestructura se encuentra ubicado en la zona sur del municipio de Tunja, es una vivienda multifamiliar que fue diseñada por la constructora *ESSCO PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES S.A.S.*, la vivienda está ubicada al frente del Bosque de la República, diagonal del Paredón de los Mártires y cerca de la Universidad Santo Tomas Campus Centro Tunja y la Plaza de Bolívar, el proyecto se encuentra en una de las mejores ubicaciones de Tunja cercanas al Centro del municipio donde cada vez más se está mejorando la parte de construcción civil de algunas viviendas de este municipio, anteriormente era una casa antigua con aproximadamente 388 m2 de área.

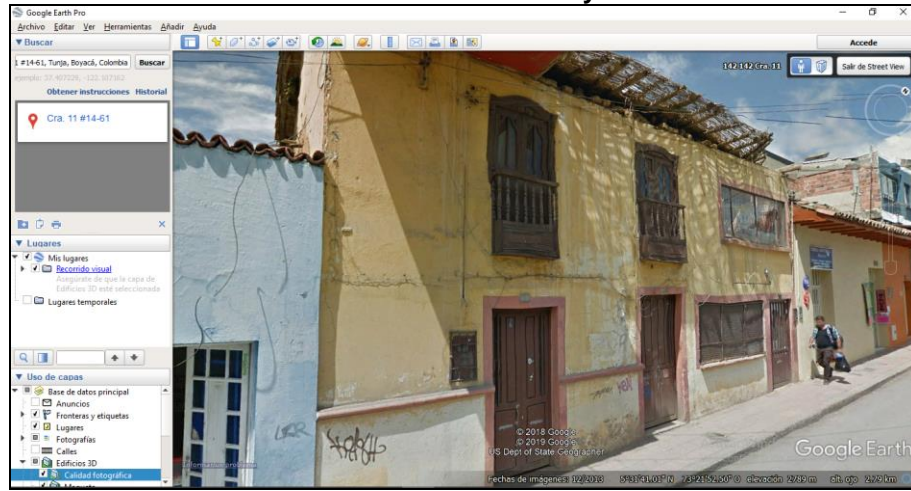
### **2.2.1. ANTES Y DESPUES VIVIENDA MULTIFAMILIAR**

A continuación, se logra observar cómo era la infraestructura anteriormente, con los años de antigüedad se muestra como se fue deteriorando lo cual llevo a mejorar su infraestructura y finalmente se mostrará como quedo el proyecto final de la Vivienda Multifamiliar. El proyecto fue elaborado en el año 2016 estando entre 1 y 3 años de ejecución.

La infraestructura está establecida por 10 apartamentos y 2 locales; el primer piso conforma 2 apartamentos con dos habitaciones y 2 locales, el segundo y tercer piso conforman 4 apartamentos cada uno de ellos tiene un aparta-estudio.



**Ilustración 11: Antes Proyecto.**



Fuente: Google Earth, 2019.

**Ilustración 12: Vivienda anteriormente.**



Fuente: Google Earth, 2019.



**Ilustración 13: Proyecto Multifamiliar.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### **3. APLICACIONES DE COMPUTADOR UTILIZADAS EN LA MODELACION BIM 4D.**

En el mercado global existen diferentes softwares, dedicadas al modelado BIM, estos programas son desarrollados por compañías como Autodesk, Bentley Systems o Graphisoft, dichas empresas están dedicadas al desarrollo y actualización de softwares relacionados con arquitectura, ingeniería, infraestructura, animación 3D, entre otros. Los softwares desarrollados por estas empresas, tienen diferentes finalidades, en donde cada uno aborda diferentes ramas del modelado y la animación, por ejemplo: “Inventor” es un software de la empresa Autodesk, el cual se centra en la modelación paramétrica de sólidos, es decir, se centra en la creación de sólidos en tres dimensiones, lo que brinda la posibilidad de crear e inventar cualquier clase objeto y visualizarlo en tres dimensiones. Este software es actualizado cada año por Autodesk<sup>19</sup>, actualización en donde se corrigen errores de la versión anterior y además se agregan más componentes al software acorde a los cambios que ocurran en la panorámica global relacionada al software.

En el caso específico del proyecto de infraestructura de la vivienda multifamiliar ubicada en Tunja, descrito anteriormente, se utilizó el software “ArchiCAD” proveniente de la empresa Graphisoft para llevar a cabo la modelación BIM. Posteriormente fue necesaria la adquisición del software gratuito “Navisworks”, perteneciente a la compañía Autodesk, ya que con este software es posible llevar a cabo el siguiente objetivo del presente trabajo de grado, que consiste en el desarrollo del proceso constructivo referente a la vivienda multifamiliar analizada en el presente proyecto.

A continuación, se presentan las razones por las cuales se decide finalmente utilizar el software ArchiCAD de Graphisoft:

#### **3.1. Curva de aprendizaje**

Teniendo en cuenta el tiempo implementado para la modelación, es imprescindible que la curva de aprendizaje sea lo más corta posible, es decir, que la adquisición del dominio mínimo necesario del software no conlleve más tiempo del necesario. Para lograr esto la mejor opción es ArchiCAD, ya que se tiene un conocimiento previo, aunque mínimo y además existe una cierta similitud con AutoCAD, en cuanto a la interfaz y los comandos y, como se tiene cierto grado de dominio de AutoCAD se espera que el aprendizaje de este software sea más rápido que el de los demás.

---

<sup>19</sup> Accesos para obtener paquetes de contenido BIM de forma gratuita en licencias. Graphisoft. (2019). Tomado de: <https://www.graphisoft.es/downloads/archicad/>

### **3.2. Panorama Nacional**

Dado que el conocimiento que se tiene acerca del manejo de softwares BIM es casi nulo, es pertinente la inducción de un docente especializado en el tema. Debido a que el modelado de la información en construcción, es decir el BIM, apenas está en su auge en el ambiente nacional, es muy poco el conocimiento que se tiene sobre los diferentes softwares especializados en BIM, como resultado, al preguntarles a docentes de la Universidad Católica acerca de su conocimiento sobre la modelación BIM, ni un solo ingeniero, de todos los que fueron consultados afirmo tener conocimiento sobre el tema, es por esto que se opta por consultar a arquitectos, los cuales tienen mayor conocimiento del modelado de la información en construcción pero aun así, la familiarización con los diferentes softwares es muy poca, únicamente dominan a gran nivel los softwares Archicad, de Graphisoft y Revit de Autodesk, limitando la a 2, los softwares en los que se puede tener algún tipo de asesoría por parte de un docente.

### **3.3. Licencia Educativa**

Partiendo de la premisa de que el software a utilizar debe ser gratuito, se abre una limitante, ya que la mayoría de los softwares no son gratuitos, su licencia debe comprarse para poder usarse, sin embargo, algunos de estos programas cuentan con licencias educativas, licencias que son otorgadas, como su nombre lo dice, con fines académicos, estudiantes de pregrado y profesores de todo el mundo. Gracias a esta herramienta es posible acceder a softwares que en principio no son gratuitos, como el Archicad de Graphisoft<sup>20</sup>. SOFTWARE PARA LA MODELACIÓN BIM<sup>21</sup> EN CUATRO DIMENSIONES.

---

<sup>20</sup> Activación de licencias y administración para estudiantes para el software ArchiCAD para uso de todas las licencias apropiadas para el funcionamiento de los programas que maneja Graphisoft y poder tener todas las herramientas de trabajo. Tomado de: <https://www.graphisoft.com/downloads/licensing/help/SPA/pc.html>

<sup>21</sup> Accesos para obtener paquetes de contenido BIM de forma gratuita en licencias. Graphisoft.(2019).Tomado de: <https://www.graphisoft.es/downloads/archicad/>

#### 4. MODELADO EN 4D PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA

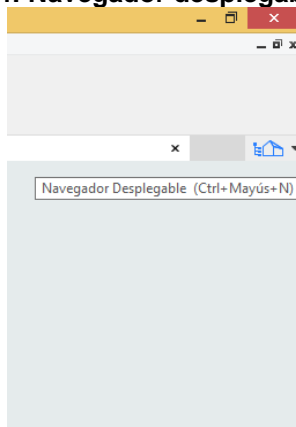
Una vez elegido el programa con el cual se va a realizar el modelado, se procede a levantar el modelo 3D a partir de los planos suministrados por la constructora ESSCO PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES S.A.S. En seguida se realiza un calco del plano 2D, para así realizar toda la modelación en 3D.

Teniendo el modelado en tres dimensiones es momento de pasar a desarrollar la cuarta dimensión (tiempo) del proyecto de infraestructura. Para desarrollar esta cuarta dimensión de manera correcta y acorde con las cantidades, actividades y mano de obra, es necesario realizar una serie de pasos.

##### 4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA MODELADO EN 4D

1. En el software Archicad, en la esquina superior derecha, hacer clic en la herramienta “Navegador Desplegable” (También se puede acceder a él usando la combinación de teclas Ctrl + Mayús + N).

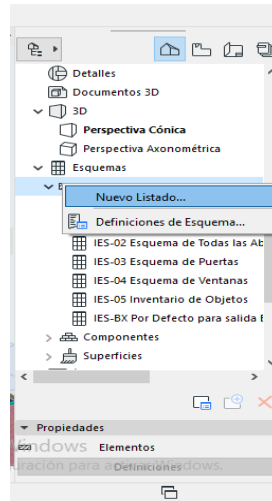
**Ilustración 14: Navegador desplegable ArchiCAD.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

2. Dentro del “Navegador desplegable” ir al apartado “Esquemas”, “Elementos”, y se selecciona click derecho en nuevo listado.

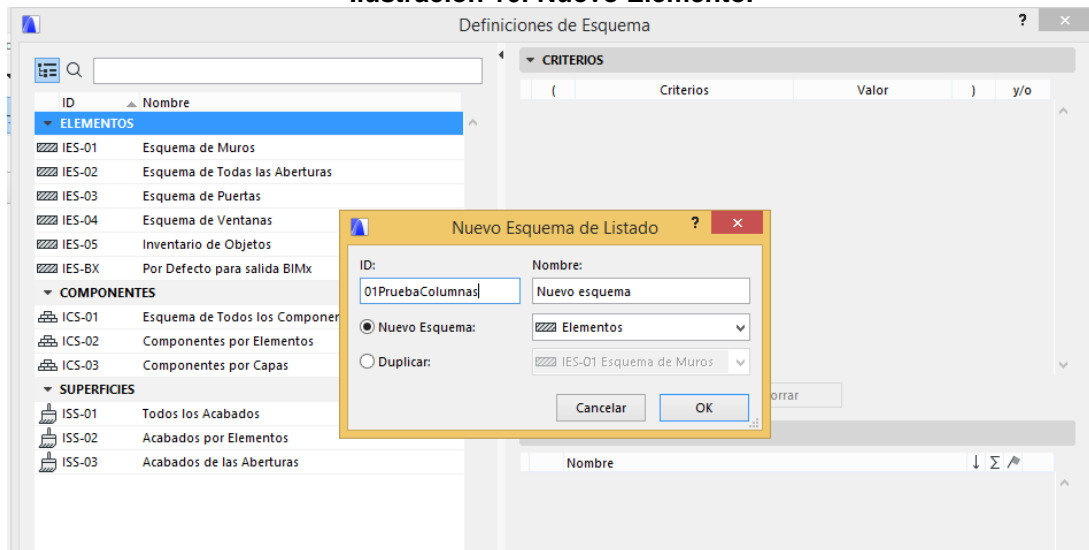
**Ilustración 15: Insertar Nuevo listado.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

3. Se abrirá un cuadro de diálogo en el que se debe indicar el ID y el nombre del esquema, una vez indicado, dar click en el botón “ok”.

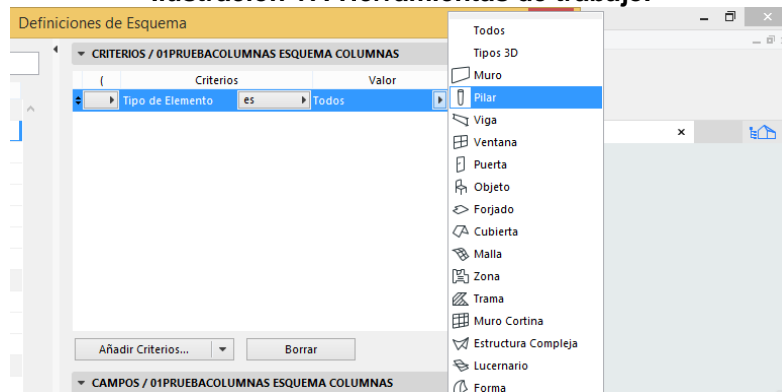
**Ilustración 16: Nuevo Elemento.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

4. Posteriormente se muestra el cuadro de dialogo “Definiciones de esquema”, en la esquina superior derecha, en el botón “Valor” se debe elegir la herramienta a analizar (columna, viga, zapata, etc).

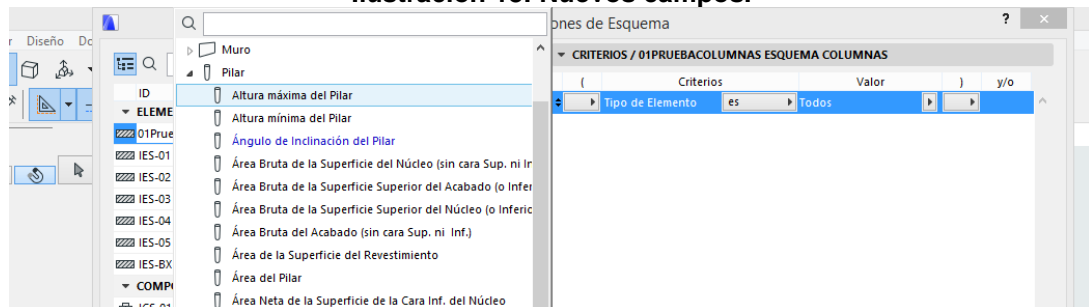
**Ilustración 17: Herramientas de trabajo.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

5. Dentro del mismo cuadro de dialogo “Definiciones de esquema” en la esquina inferior derecha, dar click en el botón “Añadir Campos” y posteriormente elegir los atributos que se requieren del elemento seleccionado, como la altura máxima, longitud, volumen, piso de origen, etc.

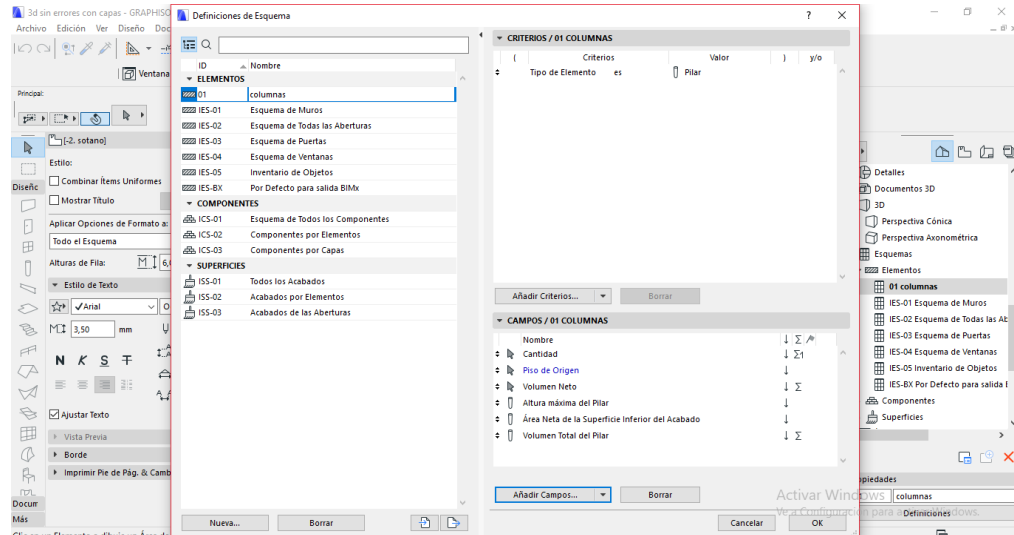
**Ilustración 18: Nuevos campos.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

6. Dar clic en el botón “ok” para que el listado del esquema quede guardado dentro de la herramienta “esquemas”

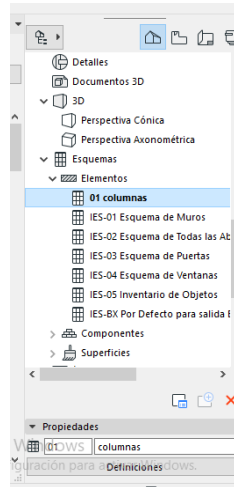
**Ilustración 19: Listado del Elemento.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Para abrir el listado creado, se debe abrir el “Navegador desplegable” e ir a la herramienta esquemas - elementos, una vez encontrado dar clic y se tiende a desplegar todo el listado de elementos y esquemas creados.

**Ilustración 20: Lista de elementos.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Una vez obtenido el listado ya se tienen las cantidades de cada una de las actividades utilizadas en el proyecto de infraestructura y se procede a calcular el tiempo de construcción de cada una de ellas.

Sección Construcción] [Planos arquitectonicos Hoja

Opciones Cabecera

☒ Mantener Cabecera Esquema

Columnas	Sumatoria de Alturas
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
11,49	
228,99 m	

100% [Navigation icons]

9. Para calcular el tiempo es necesaria la base de datos “construdata”<sup>22</sup>, de donde se obtienen los datos de rendimiento por cuadrilla AA, es decir, un oficial y un ayudante, para cada actividad a realizar en el proyecto, como fundición de placa, zapatas, columnas etc.



ISSN 2322-8552

[Inicio](#)
[Centro de Descargas](#)
[Indicadores](#)
[Indice de Costos](#)
[Tarifas](#)
[Licitaciones](#)
[Presupuestar](#)
[Noticias](#)
[Proveedores](#)
[Revistas](#)
[Software](#)
[Contactenos](#)

Síguenos en »
[!\[\]\(3051db10cd7391d5928b225f3d837565\_img.jpg\)](#)
[!\[\]\(894c897fa2a3e941c43e8529c0649f94\_img.jpg\)](#)
[!\[\]\(a83597bdd2dae1c7452b434a8ea7926c\_img.jpg\)](#)

[Inicio](#)
[Personas](#)



### Centro de Descargas



## Centro de Descargas

Encuentre la información de costos de la Revista ConstruData, las presentaciones y actualizaciones del software ConstruData, e información de apoyo para usuarios del software Construplan, Construcontrol and Project.



**Safety Enable SaaS Apps**

Get Consistent  
Secure for Any  
Device, Anytime &  
Anywhere. Learn  
More.

Palo ... **OPEN**



### Costos

- Archivos históricos de precios
- Basos de datos especializados



### Software

- Presentaciones y demos
- Actualizaciones
- Drivers



### Documentación

- RITEL
- Perfiles Vitales
- RETEC

48



10. Una vez encontrada la actividad, tendrá asignado un rendimiento por hora cuadrilla AA (hc) ya sea por metro lineal, metro cuadrado o metro cubico.

**Ilustración 23: Rendimientos actividades.**

<b>COLUMNAS - COLUMNETA</b>						
<b>COLUMNA 40 X 30CM</b>						<b>m</b>
ACERO CORR. FIG. 1/4"-1" 60.000 PSI	kg	1.00	2,618	2,618	2,618	2,618
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO	kg	0.09	273	273	273	273
BARRA CORRUGADA G-60 3/8" (6M)	un	2.46	22,354	21,237	21,237	22,354
CONCRETO CTE GRAVA COMÚN 3000 PSI	m³	0.12	40,484	33,278	33,278	38,046
DESENCOFRANTE EMULSIONADO 16KG	un	0.03	8,211	8,211	8,211	8,211
DISTANCIADOR CM-20 C.M. 6.5MM-5/8"	un	4.00	1,140	1,140	1,140	1,140
DURMIENTE 4CMX4CM X2.9M ORDINARIO	un	1.00	5,729	5,729	5,729	5,729
HERRAMIENTA MENOR	%	10.00	18,015	17,183	17,183	17,771
<b>HORA CUADRILLA AA PRESTACIONES</b>	<b>hc</b>	<b>4.00</b>	<b>69,476</b>	<b>69,476</b>	<b>69,476</b>	<b>69,476</b>

Fuente: Revista Construdata Mano de Obra, 2019.

11. Con el rendimiento por cuadrilla y la cantidad por actividad, se puede realizar un procedimiento para lograr el tiempo de construcción de cada actividad realizada en el proyecto de infraestructura de la vivienda multifamiliar en el municipio de Tunja – Boyacá.

$$Tiempo (hrs) = hora\ cuadrilla * (cantidad, altura, volumen\ o\ área)$$

## 4.2. CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES VIVIENDA MULTIFAMILIAR

De acuerdo a los planos ubicados en el anexo 1, en el cual permitió realizar la modelación en 3D con el software archicad (ilustración 24), elaborando la modelación se generaron los resultados de cuantificación por cada elemento.

Las siguientes tablas, son de suma importancia para la modelación 4D; gracias al proceso anteriormente mencionado, se realizó lo mismo para cada una de las actividades a realizar en el proyecto de infraestructura para obtener un tiempo de construcción por cada una de ellas. Es por eso que en el software archicad obtenemos cada actividad para lograr cada cuantificación. A continuación, se muestran las tablas de cuantificación con cada una de las actividades realizadas:

### 4.2.1. CUANTIFICACIÓN DE PLACAS

Tabla 3: Cuantificación Placa.

PLACA					
Piso de Origen	Cant.	Área m <sup>2</sup>	Volumen Neto	Volumen Total del Forjado	Material de Construcción
<b>ZAPATAS</b>					
	24	63,84	27,82	27,82	Hormigón- Estructural
<b>Sótano</b>					
	4	377,44	49,32	49,32	Hormigón- Estructural
<b>NIVEL 0.0</b>					
	2	149,33	29,86	30,15	Hormigón- Estructural
	2	95,68	19,13	19,13	Ladrillo
<b>TIENDA</b>					
	3	190,43	28,57	38,59	Hormigón- Estructural
<b>0</b>					
	2	1,12	0,11	0,11	Hormigón- Estructural
	2	4,11	0,19	0,22	Tierra
<b>Segundo piso</b>					
	1	184,3	18,43	29,14	Hormigón- Estructural
<b>Tercer piso</b>					
	1	84,3	18,43	29,14	Hormigón- Estructural
<b>SUMATORIA</b>		1250,55	191,86 m <sup>3</sup>	223,62m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.2.2. CUANTIFICACIÓN DE VIGAS

Tabla 4: Cuantificación Vigas.

VIGAS					
Piso de Origen	Altura	Área	Cant.	Volumen Neto	Material de Construcción
<b>Sótano</b>					
	0,4	62,86	10	25,14	Hormigón Armado - Estructural
<b>NIVEL 0.0</b>					
	0,32	8,05	3	2,29	anden bordillo
<b>TIENDA</b>					
	0,17	3,53	3	0,6	Hormigón Armado - Estructural
	0,35	70,22	47	24,57	Hormigón Armado - Estructural
	<b>0,4</b>	<b>0,96</b>	<b>1</b>	<b>0,39</b>	<b>Hormigón Armado - Estructural</b>
<b>Segundo piso</b>					
	0,35	63,6	57	22,29	Hormigón Armado - Estructural
<b>Tercer piso</b>					
	0,35	63,6	57	22,29	Hormigón Armado - Estructural
<b>Cubierta</b>					
	0,18	2,84	131	0,35	Madera – Cubiertas
	0,35	28,75	5	10,07	Hormigón Armado - Estructural
	0,5	6,26	2	2,66	viga canal interior
	0,557	0,41	1	0,65	perfiles de cubierta curva
	0,64	0,76	2	0,16	estructura de cubierta metálica domo
	0,65	6,58	2	2,99	viga canal bordes
	1,085	0	22	2,42	vigas de madera lado izquierdo cubierta (1)
	1,09	0	23	2,3	vigas de madera lado derecho cubierta
<b>SUMATORIA</b>	<b>140,627 m</b>	<b>318,42 m<sup>2</sup></b>	<b>366</b>	<b>119,17m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 4.2.3. CUANTIFICACIÓN DE COLUMNAS

Tabla 5: Cuantificación Columnas.

COLUMNAS					
Piso de Origen	Cant.	Volumen Neto	Altura	Volumen Total del Pilar	Material de Construcción
<b>ZAPATAS</b>					
	1	0,02	0,35	0,06	COLUMNA D
	1	0,04	0,35	0,06	columna a 1
	2	0,04	0,35	0,12	COLUMNA E
	2	0,04	0,35	0,12	COLUMNAS A
	5	0,1	0,35	0,3	columna b 2
	13	0,24	0,35	0,71	Bloque Hormigón-Estructural
<b>Sótano</b>					
	1	0,31	2,03	0,37	COLUMNA D
	1	0,46	2,89	0,52	columna a 1
	2	0,66	2,03	0,74	columna b 2
	2	0,67	2,03	0,74	COLUMNA E
	2	0,95	2,89	1,04	COLUMNAS A
	3	1,38	2,89	1,56	columna b 2
	6	2,77	2,89	3,12	Bloque Hormigón-Estructural
	7	2,08	2,03	2,11	Bloque Hormigón-Estructural
<b>NIVEL 0.0</b>					
	1	0,57	3,51	0,63	COLUMNA D
	2	1,07	3,51	1,26	columna b 2
	2	1,07	3,51	1,26	COLUMNA E
	4	1,96	3,51	2,52	Bloque Hormigón-Estructural
<b>0</b>					
	3	1,25	2,65	1,44	columna b 2
	6	2,5	2,65	2,88	Bloque Hormigón-Estructural
<b>Segundo piso</b>					
	1	0,42	2,65	0,48	COLUMNA D
	2	0,84	2,65	0,96	COLUMNA E

COLUMNAS					
Piso de Origen	Cant.	Volumen Neto	Altura	Volumen Total del Pilar	Material de Construcción
	5	2,1	2,65	2,4	columna b 2
	10	4,2	2,65	4,8	Bloque Hormigón-Estructural
Tercer piso					
	1	0,45	2,65	0,48	COLUMNA D
	2	0,85	2,65	0,96	COLUMNA E
	5	2,1	2,65	2,4	columna b 2
	10	4,2	2,65	4,8	Bloque Hormigón-Estructural
<b>SUMATORIA</b>	<b>102</b>	<b>33,34 m³</b>	<b>218,280 m</b>	<b>38,84 m³</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.2.4. CUANTIFICACIÓN ESQUEMA DE MUROS

Tabla 6: Cuantificación Muros.

Esquema de Muros					
Piso de Origen	Material de Construcción	Altura	Área	Cant.	Volumen Neto
<b>Sótano</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	1,613	0,72	1	0,99
	Bloque Hormigón - Acabado	2,03	2,28	6	4,13
	Bloque Hormigón - Acabado	2,186	1,14	1	1,24
	Bloque Hormigón - Acabado	2,38	2,72	6	4,75
	Bloque Hormigón - Acabado	2,89	10,31	3	23,78
<b>NIVEL 0.0</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	0,86	0,15	1	0,11
	Bloque Hormigón - Acabado	3,51	1,54	4	3,43
	Bloque Hormigón - Acabado	3,692	0,04	1	0,05
<b>TIENDA</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	1,69	0,15	1	0,26
	Bloque Hormigón - Acabado	2,393	0,44	4	0,52
	Bloque Hormigón - Acabado	2,743	1,63	4	3,21
	Bloque Hormigón - Acabado	2,992	0,1	1	0,29
	Bloque Hormigón - Acabado	3,16	1,56	3	3,96
	Bloque Hormigón - Acabado	3,251	0,76	7	2,04

Esquema de Muros					
Piso de Origen	Material de Construcción	Altura	Área	Cant.	Volumen Neto
	Bloque Hormigón - Acabado	3,342	2,39	7	6,01
	Bloque Hormigón - Acabado	3,51	0,56	3	0,78
<b>0</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	0,5	0,28	2	0,14
	Bloque Hormigón - Acabado	2,65	17,19	61	35,77
<b>Segundo piso</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	2,65	29,14	93	59,27
<b>Tercer piso</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	2,65	29,03	92	61,28
<b>Cubierta</b>					
	Bloque Hormigón - Acabado	1,05	5,83	4	3,54
<b>SUMATORIA</b>		<b>806,008 m</b>	<b>107,96 m²</b>	<b>305</b>	<b>215,55 m³</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.2.5. CUANTIFICACIÓN DE ESCALERAS.

Tabla 7: Cuantificación Escaleras.

ESCALERAS						
Piso de Origen	Cant.	Altura	Área	Altura Contrahuella de la Esc.	Núm. de Contrahuellas Esc. (total)	Núm. de Contrahuellas Esc. (Tramo)
<b>Sótano</b>						
	1	2,89	6,24	0,18	16	14; 0
<b>TIENDA</b>						
	1	2,65	7,62	0,17	16	6; 1; 7
<b>Segundo piso</b>						
	1	2,65	7,62	0,17	16	6; 1; 7
<b>SUMATORIA</b>	<b>3</b>	<b>8,190 m</b>	<b>21,48 m²</b>	<b>0,52 m</b>	<b>48</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.2.6. CUANTIFICACIÓN DE LA CUBIERTA.

Tabla 8: Cuantificación Cubierta.

CUBIERTA					
Piso de Origen	Área	Cant.	Material de Construcción	Volumen Neto	Volumen Total de la Cubierta
Cubierta					
	233,31	5	Ladrillo - Acabado	23,76	23,76
<b>SUMATORIA</b>	233,31 m <sup>2</sup>	5		23,76 m <sup>3</sup>	23,76 m <sup>3</sup>

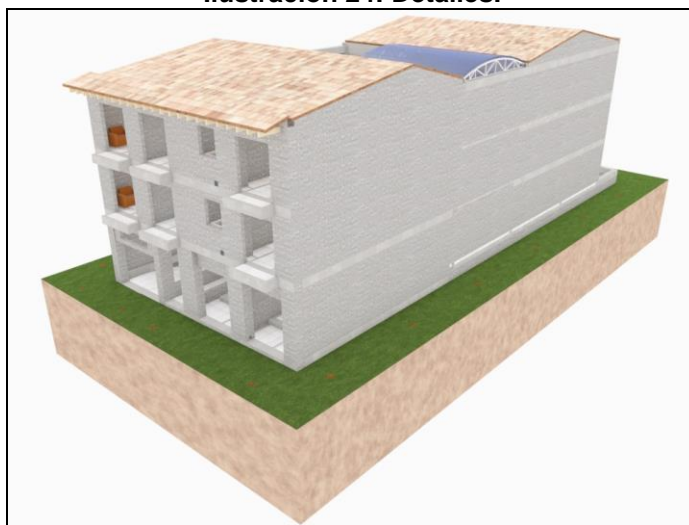
Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 5. SIMULACIÓN DIGITAL DEL PROYECTO Y SU DOCUMENTACIÓN

La documentación producida por la constructora ESSCO Proyectos y Construcciones SAS., fue muy necesaria para efectuar la comparación con el software BIM para la cuarta dimensión, ya que al realizar la modelación 3D se pudo evidenciar que existían varios errores en cuanto a los planos 2D por el proyecto seleccionado, realizamos la modelación en el software ArchiCAD y se verificaron todos los errores que se mostraran a continuación, también se corrigieron todos los errores que tenían los planos 2D en el cual se encuentran en el anexo 3:

- Para el proyecto de infraestructura de vivienda multifamiliar hay un gran error en los planos 2D, porque no existe un detalle sobre sus puertas y ventanas, en este fotorender mostramos como quedaría este proyecto sin ellas.

**Ilustración 24: Detalles.**



**Fuente: Elaboración propia, 2019.**

- La puerta principal para entrar al edificio, según los planos se encuentra sobre la rampa que está ubicada entre los ejes 1' y 2 y que se extiende hasta el eje E, por lo que es necesario modificar su ubicación, de tal manera que se ubica entre la columna E2 y la columna E1'. En esta rampa no existe una pendiente el cual pueda llegar al límite inferior de ella y tampoco existen escalones para que el residente pueda entrar al edificio.



**Ilustración 25: Rampa Vivienda.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Se muestra como los sanitarios están dentro de las vigas el cual se debe aumentar el área de los baños ubicados entre los ejes 2-3 y el eje E de las tiendas debido a que el sanitario en los planos esta sobrepuesto sobre una viga.

**Ilustración 26: Sanitario sobre Viga 1.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 27: Sanitario sobre Viga 2.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Se hizo una modificación en la placa del primer piso debido a que, en su estado original, no era posible el paso de una persona por las escaleras que van del parqueadero al primer piso. Se aumentó en vacío 1,58 m<sup>2</sup>, además no existe un detalle de baranda en la escalera lo cual lo hace peligroso y una mala construcción.

**Ilustración 28: Placa Escalera.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- En los planos 2D se encuentra un ducto en el primer piso en la columna F1' el cual no tiene continuidad en los niveles superiores.

**Ilustración 29: Ducto.**

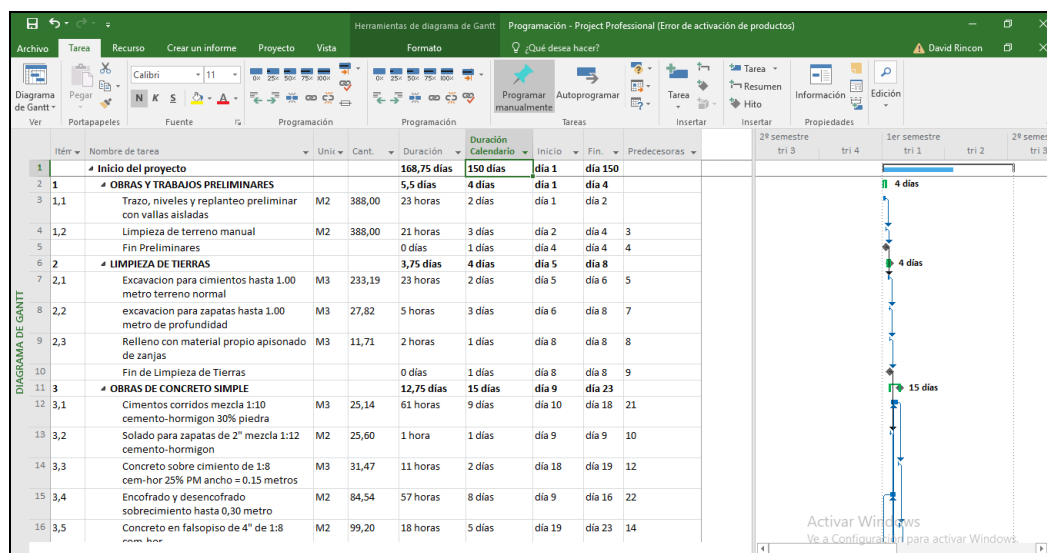


Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

Considerando que el cronograma suministrado por la constructora fue realizado con ayuda del software Project, fue necesario realizar su respectivo análisis, en el que se halló un tiempo final de construcción de 150 días. Este tiempo proporcionado se comparó con las dos modelaciones realizadas anteriormente, correspondientes al modelamiento con los errores del plano, es decir la situación real y el modelamiento en una situación ideal, en otras palabras, el modelamiento con todos los errores encontrados corregidos.

**Ilustración 30: Cronograma suministrado por la constructora.**



Fuente: ESSCO SAS, 2016.

Al realizar el respectivo análisis comparativo se encontró que el cronograma suministrado por constructora ESSCO S.A.S carece de actividades imprescindibles para la estimación de tiempo en una obra determinada, es por esto que el resultado del cronograma de Project, referente al tiempo, es mucho menor al tiempo hallado con el software BIM. Luego de tener en cuenta los errores anteriormente mencionados, se desarrolló la simulación constructiva en 4D, tomando como apoyo del software Navisworks y elaborando el cronograma por cada actividad; con estos, se obtuvo un tiempo estimado y aproximado de 10 meses (261 días) de construcción correspondiente a la vivienda multifamiliar analizada. Producto de la simulación de Navisworks, se obtiene un dato referente al tiempo total de construcción de proyecto, con el cual se procedió a hacer la respectiva comparación descrita anteriormente. De acuerdo a la forma en que se encuentra estructurada el proyecto estudiado, se evidencia la existencia de errores

en el cronograma constructivo, como la falta de actividades realizadas, lo que probablemente haya generado retardos al momento de llevar a cabo la construcción de la vivienda multifamiliar.

Terminando el análisis comparativo, se concluye que es mucho más viable implementar el modelado de información de construcción BIM; debido a que permite identificar errores de planeación, logísticos y constructivos, de una forma mucho más rápida que con el sistema tradicional; esto permite reducciones en tiempos de ejecución y en otros factores que no se enfatizan en el presente proyecto como los costos y presupuestos y la posibilidad de la interoperabilidad.

**Tabla 9: Ventajas y Desventajas.**

<b>ARCHICAD</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
El software brinda una completa información acerca de cantidades de obra, evitando los cálculos y a su vez minimizando tiempos de producción.	Si al realizar el modelamiento no se lleva un respectivo orden en la creación de las capas correspondientes a las actividades a realizar, será muy difícil la realización de la simulación constructiva debido a que tomaría más tiempo organizar nuevamente las capas.
La interoperabilidad reduce los errores que comúnmente se presentan en obra al no existir comunicación entre las diferentes disciplinas que participan en el proyecto.	No facilita el desarrollo de la simulación constructiva, debido a que ofrece plugins para esta tarea pero sus licencias no son gratuitas forzando a seguir el proceso con ayuda de otro software.
Es de fácil interpretación, dado que presenta un formato de dibujo que consiste en 3D y esto hace que se tenga una perspectiva mucho más real de lo que se propone en el proyecto.	Algunas herramientas de trabajo son de difícil modelamiento, ya que en ocasiones estas herramientas no se encuentran en el programa, lo que hace que se tengan que generar con otras herramientas.
<b>NAVISWORKS</b>	

Dado que es un software BIM, permite la interoperabilidad facilitando la interacción con otro software, transfiriendo la información de forma sencilla y eficiente.	No permite la modificación del calendario de las horas trabajadas por día, de los días laborados de la semana y de los días festivos. Es complejo cambiar el calendario de trabajo, debido a que no existe una herramienta para dicho problema.
Es un software de fácil acceso para los estudiantes, ya que cuenta con una licencia gratuita educativa.	Las horas trabajadas en el Navisworks son de 24 horas y trabaja domingos y festivos lo cual hace difícil su proceso.
Facilita el desarrollo de la simulación constructiva, dado que su interfaz es práctica y fácil de entender lo que reduce la curva de aprendizaje del software.	
El software Navisworks es de gran utilidad y es de completa experiencia para arquitectos e ingenieros en su vida profesional, además las funciones y facilidades que tienen las herramientas de trabajo para poder desarrollar un buen proceso constructivo y adquirir excelentes resultados. También si existen errores, el software lo deja modificar con facilidad, agilizando la creación y construcción de edificaciones.	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Según la simulación constructiva realizada, el proceso constructivo se llevaría a cabo de la siguiente manera con su respectivo cronograma de actividades:

**Tabla 10: Cronograma simulación constructiva.**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - SIMULACIÓN CONTRUCTIVA – ERRORES		
PROCESO CONSTRUCTIVO	FECHA/INICIO	FECHA/FIN
<i>Zapata Cementación</i>	<i>Lunes, 20 de Junio de 2016</i>	<i>Sábado, 2 de Julio de 2016</i>

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA – ERRORES		
PROCESO CONSTRUCTIVO	FECHA/INICIO	FECHA/FIN
<i>Columnas con Zapatas</i>	<i>Lunes, 4 de Julio de 2016</i>	Lunes, 18 de Julio de 2016
<i>Vigas Cimentación</i>	<i>Martes, 19 de Julio de 2016</i>	Lunes, 25 de Julio de 2016
<i>Placa Sótano</i>	<i>Martes, 19 de Julio de 2016</i>	Sábado, 27 de Agosto de 2016
<i>Columna Sótano</i>	<i>Sábado, 27 de Agosto de 2016</i>	Viernes, 9 de Septiembre de 2016
<i>Muros Sótano</i>	<i>Viernes, 9 de Septiembre de 2016</i>	Jueves, 15 de Septiembre de 2016
<i>Rampa sótano</i>	<i>Viernes, 9 de Septiembre de 2016</i>	Jueves, 15 de Septiembre de 2016
<i>Escalera Sótano</i>	<i>Jueves, 15 de Septiembre de 2016</i>	Martes, 20 de Septiembre de 2016
<i>Placa Primer Piso</i>	<i>Jueves, 15 de Septiembre de 2016</i>	Martes, 11 de Octubre de 2016
<i>Vigas Primer Piso</i>	<i>Jueves, 15 de Septiembre de 2016</i>	Viernes, 14 de Octubre de 2016
<i>Rampa de Acceso</i>	<i>Lunes, 3 de Octubre de 2016</i>	Martes, 4 de Octubre de 2016
<i>Columnas Primer Piso</i>	<i>Viernes, 14 de Octubre de 2016</i>	Martes, 25 de Octubre de 2016
<i>Muros Primer Piso</i>	<i>Miércoles, 26 de Octubre de 2016</i>	Miércoles, 2 de Noviembre de 2016
<i>Escaleras Primer-Segundo Piso</i>	<i>Miércoles, 2 de Noviembre de 2016</i>	Martes, 8 de Noviembre de 2016
<i>Placas Segundo Piso</i>	<i>Jueves, 3 de Noviembre de 2016</i>	Jueves, 1 de Diciembre de 2016
<i>Vigas Segundo Piso</i>	<i>Jueves, 3 de Noviembre de 2016</i>	Miércoles, 7 de Diciembre de 2016
<i>Columnas Segundo Piso</i>	<i>Miércoles, 7 de Diciembre de 2016</i>	Sábado, 17 de Diciembre de 2016
<i>Muros Segundo Piso</i>	<i>Sábado, 17 de Diciembre de 2016</i>	Sábado, 24 de Diciembre de 2016
<i>Escaleras Segundo - Tercer Piso</i>	<i>Sábado, 24 de Diciembre de 2016</i>	Jueves, 29 de Diciembre de 2016
<i>Placas Tercer Piso</i>	<i>Sábado, 24 de Diciembre de 2016</i>	Viernes, 20 de Enero de 2017
<i>Vigas Tercer Piso</i>	<i>Sábado, 24 de Diciembre de 2016</i>	Martes, 26 de Diciembre de 2017
<i>Columnas Tercer Piso</i>	<i>Miércoles, 27 de Diciembre de 2017</i>	Domingo, 5 de Febrero de 2017
<i>Muros Tercer Piso</i>	<i>Lunes, 6 de Febrero de 2017</i>	Martes, 14 de Febrero de 2017
<i>Viga Cubierta en Concreto</i>	<i>Jueves, 16 de Febrero de 2017</i>	Martes, 21 de Febrero de

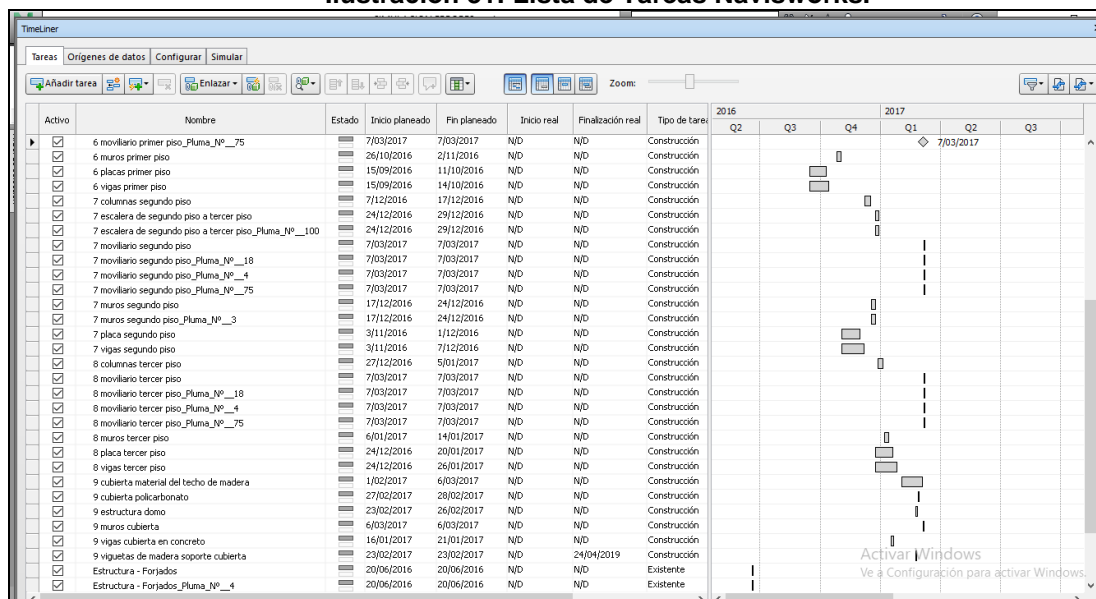


CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA – ERRORES		
PROCESO CONSTRUCTIVO	FECHA/INICIO	FECHA/FIN
		2017
<i>Estructura Domo</i>	Jueves, 23 de Febrero de 2017	Domingo, 26 de Febrero de 2017
<i>Viguetas de Madera</i>	Jueves, 23 de Febrero de 2017	Miércoles, 1 de Marzo de 2017
<i>Cubierta en Ladrillo</i>	Miércoles, 1 de Marzo de 2017	Jueves, 6 de Abril de 2017
<i>Cubierta en Policarbonato</i>	Lunes, 27 de Febrero de 2017	Martes, 28 de Febrero de 2017
<i>Muros Cubierta</i>	Jueves, 6 de Abril de 2017	Jueves, 6 de Abril de 2017

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De acuerdo con el cronograma de actividades de la simulación constructiva de la tabla anterior, se insertan esos mismos datos en el software de Navisworks, donde su resultado final se demuestra de esta manera con cada una de los elementos elaborados en el proyecto de infraestructura de la vivienda multifamiliar, y se presentan de esta manera con su respectiva simulación constructiva:

**Ilustración 31: Lista de Tareas Navisworks.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.



### Ilustración 32: Simulación Constructiva.

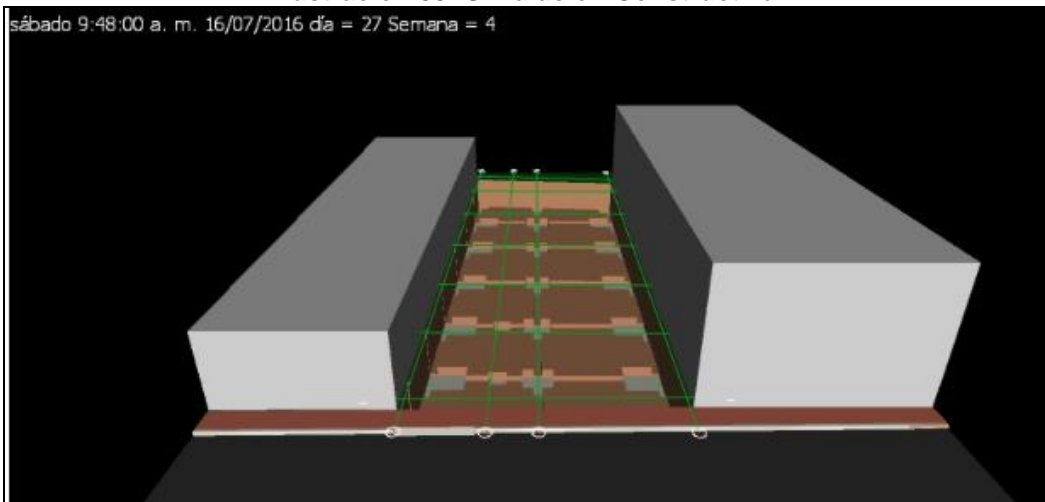
lunes 9:00:00 a. m. 20/06/2016 día = 1 Semana = 1



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 33: Simulación Constructiva.

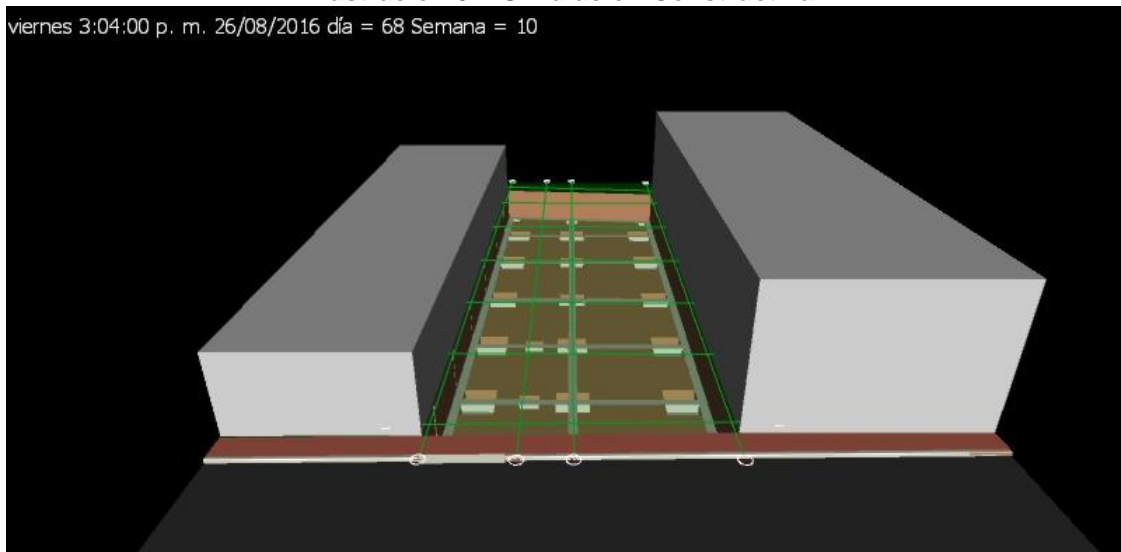
sábado 9:48:00 a. m. 16/07/2016 día = 27 Semana = 4



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 34: Simulación Constructiva.**

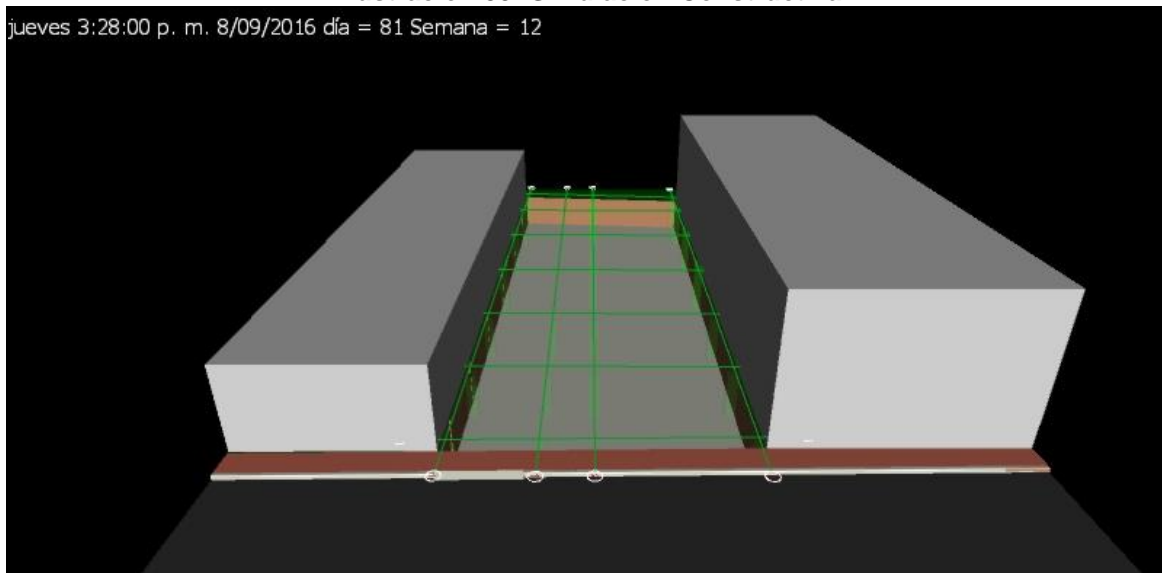
viernes 3:04:00 p. m. 26/08/2016 día = 68 Semana = 10



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 35: Simulación Constructiva.**

jueves 3:28:00 p. m. 8/09/2016 día = 81 Semana = 12



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 36: Simulación Constructiva.

lunes 11:48:00 a. m. 19/09/2016 día = 92 Semana = 14



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 37: Simulación Constructiva.

martes 9:20:00 a. m. 8/11/2016 día = 142 Semana = 21



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 38: Simulación Constructiva.

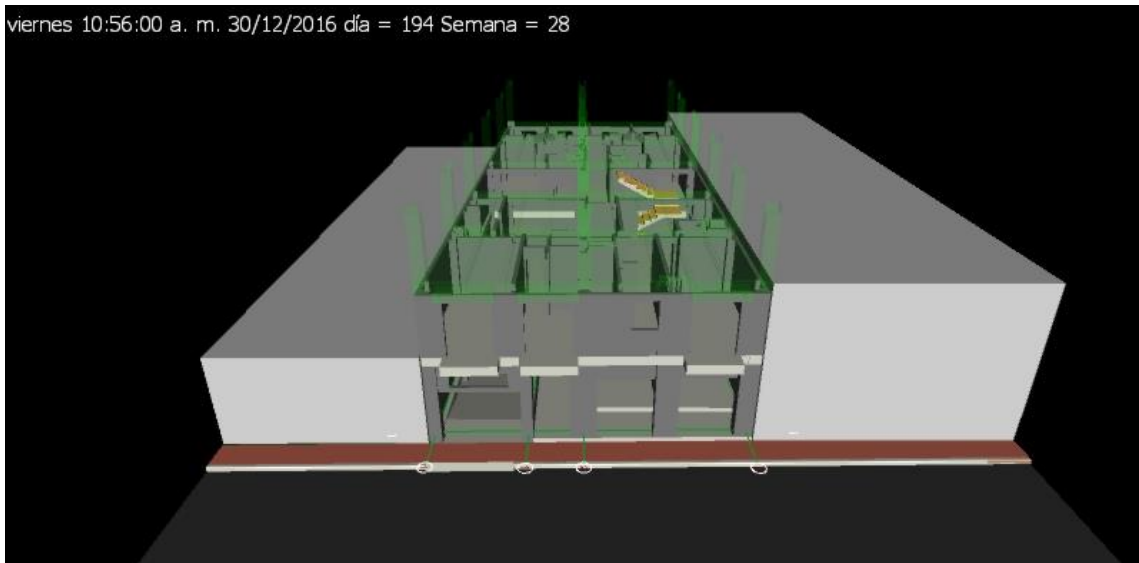
lunes 2:36:00 p. m. 19/12/2016 día = 183 Semana = 27



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 39: Simulación Constructiva.

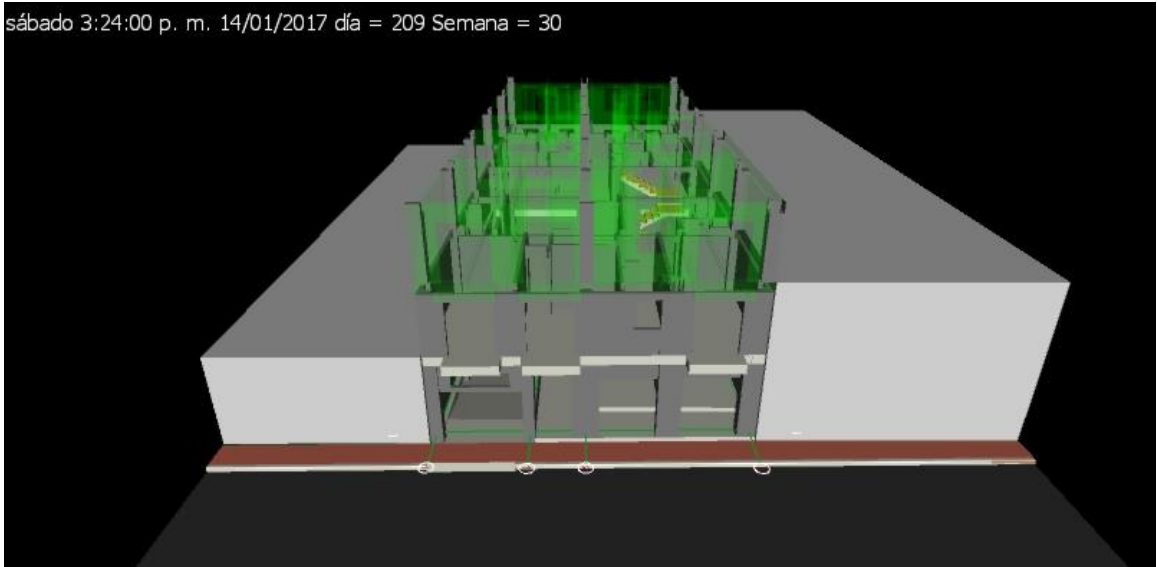
viernes 10:56:00 a. m. 30/12/2016 día = 194 Semana = 28



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 40: Simulación Constructiva.**

sábado 3:24:00 p. m. 14/01/2017 día = 209 Semana = 30



Fuente: Elaboración propia, 2019.

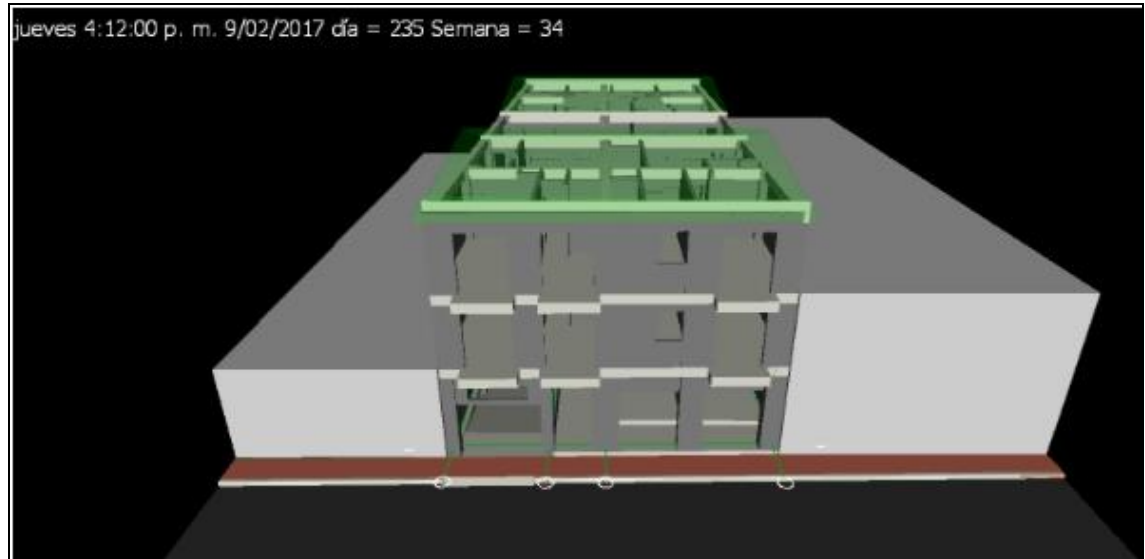
**Ilustración 41: Simulación Constructiva.**

viernes 3:48:00 p. m. 27/01/2017 día = 222 Semana = 32



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 42: Simulación Constructiva.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 43: Simulación Constructiva.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### Ilustración 44: Simulación Constructiva.

martes 5:00:00 p. m. 7/03/2017 día = 261 Semana = 38



Fuente: Elaboración propia, 2019.

## CONCLUSIONES

- El proyecto seleccionado permitió realizar el análisis comparativo entre el modelo BIM y los planos arquitectónicos, lo que mejora la efectividad en los proyectos y reduce tiempos de ejecución lo que conlleva a una disminución de los costos.
- El Software que se utilizó para llevar a cabo la modelación 3D, fue Archicad, de la compañía Graphisoft, la cual cuenta con licencia educativa gratuita; para la simulación del proceso constructivo, en efecto la modelación 4D, fue necesario el software Navisworks, el cual también cuenta con una licencia educativa gratuita.
- La simulación constructiva final se realizó a partir de la modelación 4D para lo cual se exportó la información desde el software Archicad a Autocad, y finalmente se filtró a Navisworks.
- De acuerdo con el capítulo 5, al realizar la modelación en 3D con el software Archicad en cada una de las ilustraciones, se evidenció la presencia de múltiples errores e inconsistencias en los planos arquitectónicos y estructurales, la identificación de estos errores desarrollando el modelo es una clara ventaja del desarrollo de un modelo 3D en cualquier proyecto.
- Además de presentar varios errores en los planos 2D suministrados por la constructora *ESSCO Proyectos y Construcciones S.A.S.* mostrados en el capítulo 5, no se encuentran varios detalles como lo serían: ventanas, puertas, acabados y rampas de acceso; que son útiles en el momento de realizar una obra de construcción, esto hace muy necesario la modelación para así mismo identificar todo lo que hace falta para ejecutar un proceso constructivo en perfectas condiciones y que no hayan demoras ni problemas al finalizar alguna obra o infraestructura realizada.
- La elección del software utilizado para llevar a cabo la modelación 3D, como el utilizado para realizar la modelación 4D, se vio influenciada por la cantidad de información práctica que existe en internet sobre estos software además del conocimiento que tenían sobre los mismos arquitectos y licenciados de la Universidad Católica de Colombia a quienes se les realizó la consulta.
- De acuerdo con la información suministrada por la constructora y la información producto del software, se realizó la respectiva comparación de varios factores y se identificó que el cronograma utilizado en la vivienda, no se encuentra completo, además de presentar inconsistencias como los errores que se encuentran adjuntos en el capítulo 5, esto generó que el



tiempo de ejecución disminuyera al del corregido ubicado en el anexo tres y cuatro, además de que la constructora no realizara complemente el cronograma con todas sus actividades a realizar.

- El uso de la herramienta BIM es necesario para las obras civiles, debido a que permiten visualizar en detalle los componentes de un proyecto, evidenciando los cuellos de botella previos a la construcción para así reducir costos y tiempo, proponiendo mejoras en los resultados de optimización y una buena toma de decisiones.

## RECOMENDACIONES

- Actualmente, se evidencian demoras en la ejecución de proyectos de infraestructura tanto en la parte privada como en la parte pública, siendo esta última de mayor preocupación para la comunidad. Se recomienda el uso de este software BIM a los profesionales encargados de obra, ya que son de gran necesidad para nuestro campo profesional, mejorando errores en la planificación, control y realización de proyectos y de esta manera reducir costos y tiempos de ejecución en los mismos.
- Se aconseja utilizar un solo programa con la misma actualización y versión, ya que de acuerdo a lo identificado en la modelación, al momento de pasar un proyecto que tiene un programa a otra versión, perderá información y esto perjudicaría el proceso de compatibilidad y su resultado final debido, a que no pueden llegar a ser compatibles los dos programas implementados.
- La curva de aprendizaje de la mayoría de estos softwares BIM es muy extensa, por ende, aprender a utilizarlos completamente requiere de mucho tiempo, practica y conocimiento previo.
- Las empresas públicas dedicadas a la parte de infraestructura no comparten un libre acceso a los proyectos realizados en el país, por lo que se recomienda el fácil acceso a esta información por lo menos con fines educativos.
- El uso de Archicad es recomendado, porque es el software que más posee información acerca de su uso y herramientas, lo que reduce su curva de aprendizaje en comparación con otros programas.

## BIBLIOGRAFIA

- Construir, “¿En qué consiste la metodología BIM?,” 01-Jun-2017.
- M. Loyola, “Encuesta Nacional BIM 2016: Informe de expertos,” 2016.
  - “BIM en el mundo. Implantación de la nueva metodología en el sector de la arquitectura | Arquitectura.” [Online]. Available: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/bim-en-el-mundo-implantacion-de-la-nueva-metodologia-en-el-sector-de-la-arquitectura>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - “PLANETA BIM EN EL MUNDO – SEED studio.” [Online]. Available: <http://www.studioseed.net/blog/planeta-bim-en-el-mundo/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - F. J. Vidal and M. Cerdá Pérez, “Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura,” Universidad Politécnica de València, 2016.
  - “BIM: Clave para la mejora de la competitividad en la industria de la construcción.”
  - “Institute for BIM in Canada (IBC) | English | Topics | The BIM Hub.” [Online]. Available: <https://thebimhub.com/institute-for-bim-in-canada-ibc/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - Hector Nuñez Santacruz, “BIM in Latin America | BIMCommunity.” [Online]. Available: <https://www.bimcommunity.com/news/load/667/bim-in-latin-america>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - EDITECA, “El BIM en Latinoamérica [Actualizado] | Editeca.” [Online]. Available: <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/#comments>. [Accessed: 27-Apr-2019].
  - Sergio Bernal, “El BIM en Colombia - Autodesk Community- International Forums.” [Online]. Available: <https://forums.autodesk.com/t5/revit-bim-espanol/el-bim-en-colombia/td-p/5629133>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - Ivana Kermen, “El rol del BIM Manager, gestión y calidad,” 2015.
  - K. P. Reddy, *BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects*. John Wiley and Sons, 2011.
  - E. C. Picó, “INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA BIM,” 2008.
  - “BIM en la UPV – Formación e Investigación BIM en la Universitat Politècnica de València.” [Online]. Available: <http://mbim.blogs.upv.es/>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - “3 Keys to success in collaborative projects and MEP BIM.” [Online]. Available: <http://itcformacionyconsultoria.com/claves-exito-proyectos-revit-bim-mep/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - “BIM en Español - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - P. Smith, “BIM Implementation – Global Strategies,” 2014.
  - “Archicad software - Modelos paramétricos en entornos BIM. - Imasgal.” [Online]. Available: <https://imasgal.com/archicad/>. [Accessed: 16-Apr-2019].
  - Agustí Jardí Margalef, “ARCHICAD. LA PRIMERA DE LAS PLATAFORMAS

- BIM,” 2015. [Online]. Available: <http://www.apogeavirtualbuilding.com/archicad-la-primera-de-las-plataformas-bim/>. [Accessed: 16-Apr-2019].
- Jesús Rodríguez, “¿Qué son las IFC para BIM? - Retain Technologies,” 2018. [Online]. Available: <https://retaintechnologies.com/que-son-las-ifc-para-bim/>. [Accessed: 16-Apr-2019].
  - “La verdadera historia del BIM - Vozes.” [Online]. Available: <http://autodesk.typepad.com/vozes/2014/01/la-verdadera-historia-del-bim.html>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - J. Taylor-Foster and T. Brittain-Catlin, *Understanding British Postmodernism (Hint: It's Not What You Thought)*. ArchDaily, 2017.
  - “(PDF) The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design.” [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/234643558\\_The\\_Use\\_of\\_Computers\\_Instead\\_of\\_Drawings\\_in\\_Building\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/234643558_The_Use_of_Computers_Instead_of_Drawings_in_Building_Design). [Accessed: 19-Sep-2018].
  - D. K. Smith and M. Tardif, *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. Wiley, 2009.
  - Jerry Laiserin, “The LaiserinLetter (tm) | About.” [Online]. Available: <http://www.laiserin.com/about/index.php>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - Ana Montilla Duque, “¿Qué es el BIM y el CAD? Diferencias entre BIM y CAD.” [Online]. Available: <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/diferencias-bim-cad/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - “8 razones por las que Revit es el mejor software BIM | Editeca.” [Online]. Available: <https://editeca.com/revit-mejor-software-bim/>. [Accessed: 20-Sep-2018].
  - “Asociación Colombiana BIM - ASOBIM.” [Online]. Available: <http://asociacioncolombianabim.co/asobim-3/>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - “CAMACOL impulsa BIM para la gestión en Proyectos de Construcción.” [Online]. Available: <https://www.block-software.com/gestion/camacol-impulsa-bim-para-proyectos-de-construccion/>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - “Building Information Modeling.”
  - “El BIM en Latinoamérica [Actualizado] | Editeca.” [Online]. Available: <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - F. J. Vidal, “Autora: Celia Osca Guadalajara Tutor.”
  - “BIM en Español. BIM en Panamá: PROPUESTA DE FLUJO DE TRABAJO PARA LA GESTIÓN DE GRANDES PROYECTOS MEDIANTE METODOLOGÍAS DE TRABAJO BIM /GIS.” [Online]. Available: <http://dataedro.blogspot.com/2018/06/propuesta-de-flujo-de-trabajo-para-la.html>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - “¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter.” [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/bim/>. [Accessed: 19-Sep-2018].
  - M. B. DiazGranados, “CAMBIANDO EL CHIP EN LA CONSTRUCCIÓN,

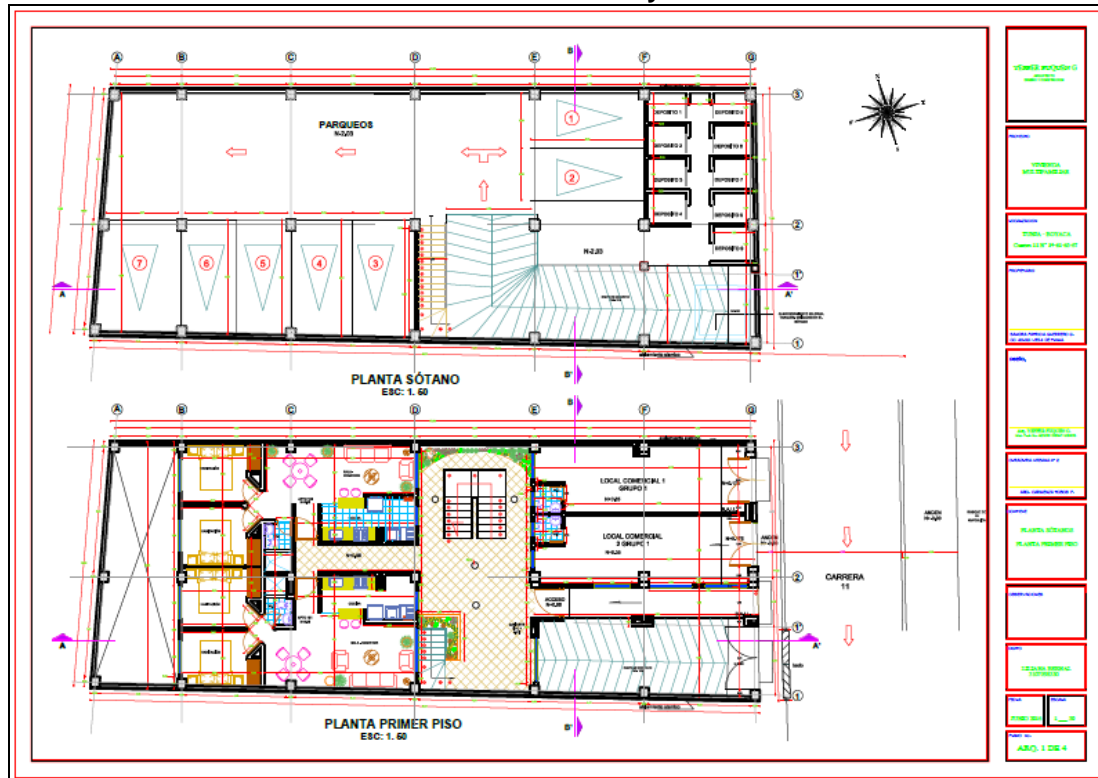
DEJANDO LA METODOLOGÍA TRADICIONAL DE DISEÑO CAD PARA AVENTURARSE A LO MODERNO DE LA METODOLOGÍA BIM. MIGUEL BLANCO DIAZGRANADOS UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C. 2018,” Universidad Católica de Colombia, 2018.

- “3D-4D Building Information Modeling.” [Online]. Available: <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling>. [Accessed: 20-Sep-2018].
- American Machinist, “History of BIM - A brief history of BIM.” [Online]. Available: <https://8dbim.weebly.com/history-of-bim.html>. [Accessed: 20-Sep-2018].
- Juan Antonio Cuartero, “7 dimensiones del BIM, la metodología que cambiará la construcción en A. Latina | AméricaEconomía | AméricaEconomía,” 2018.
- Carlos, “Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos.”
- J. Romero Fernández, “La gestión y calidad del proyecto BIM y su ciclo de vida,” pp. 1–161, 2016.
- “Datos e informes financieros sobre Essco Proyectos Y Construcciones Sas | Portafolio.co.” [Online]. Available: <https://empresas.portafolio.co/ESSCO-PROYECTOS-CONSTRUCCIONES-SAS.html>. [Accessed: 28-Apr-2019].
- “Licencias educativas y sus términos | Gestión de cuentas | Autodesk Knowledge Network.” [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/es/customer-service/account-management/education-program/free-education-access/licenses-for-students-educators>. [Accessed: 16-Apr-2019].
- GRAPHISOFT, “BIM Data.” [Online]. Available: [https://www.graphisoft.com/downloads/archicad/BIM\\_Data.html](https://www.graphisoft.com/downloads/archicad/BIM_Data.html). [Accessed: 16-Apr-2019].

## ANEXOS

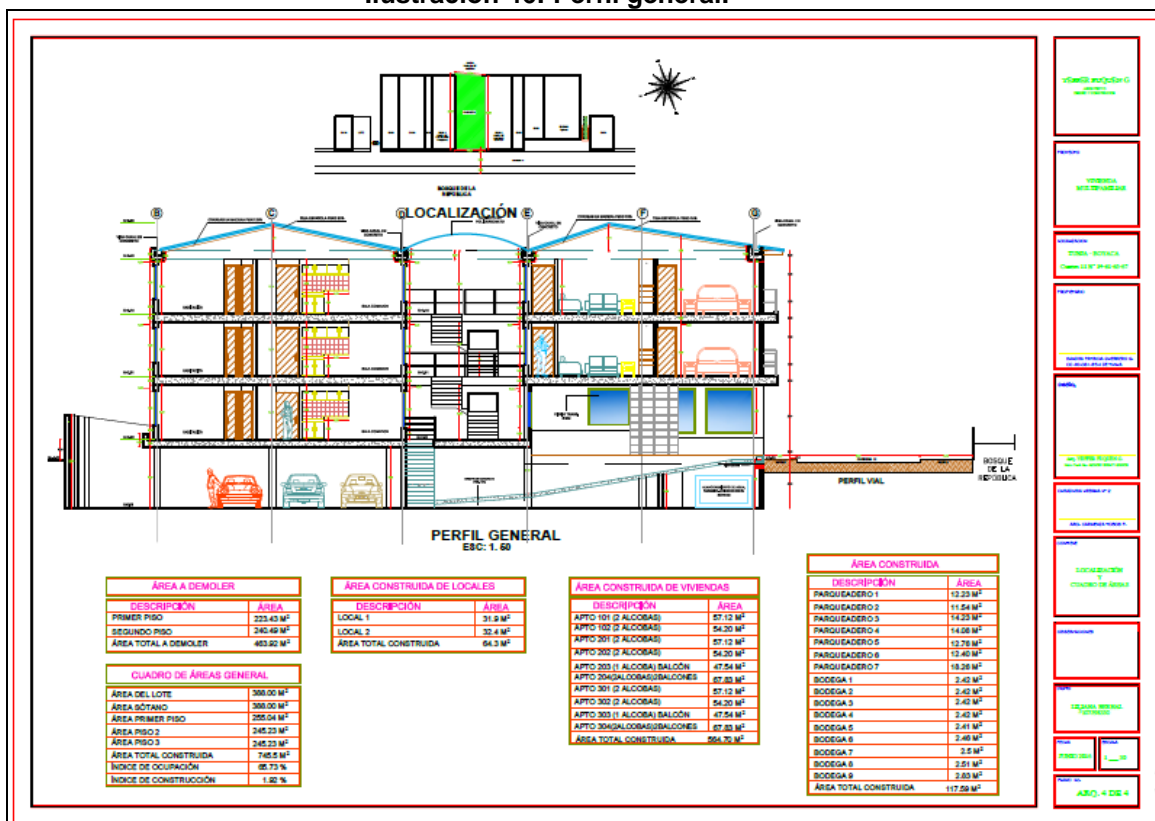
### 1. DOCUMENTACIÓN PRODUCIDA POR LA CONSTRUCTORA

Ilustración 45: Planta Sótano y Primer Piso.



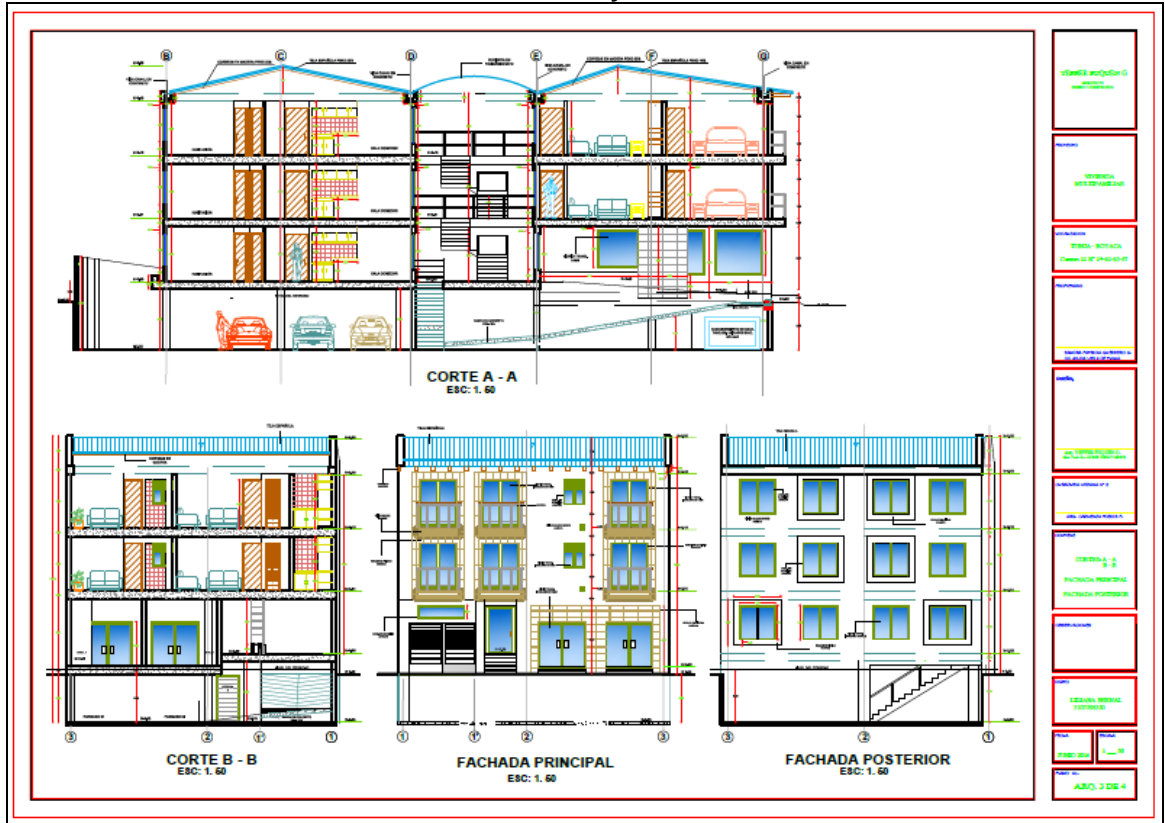
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 46: Perfil general.**



Fuente: ESSCO SAS, 2016.

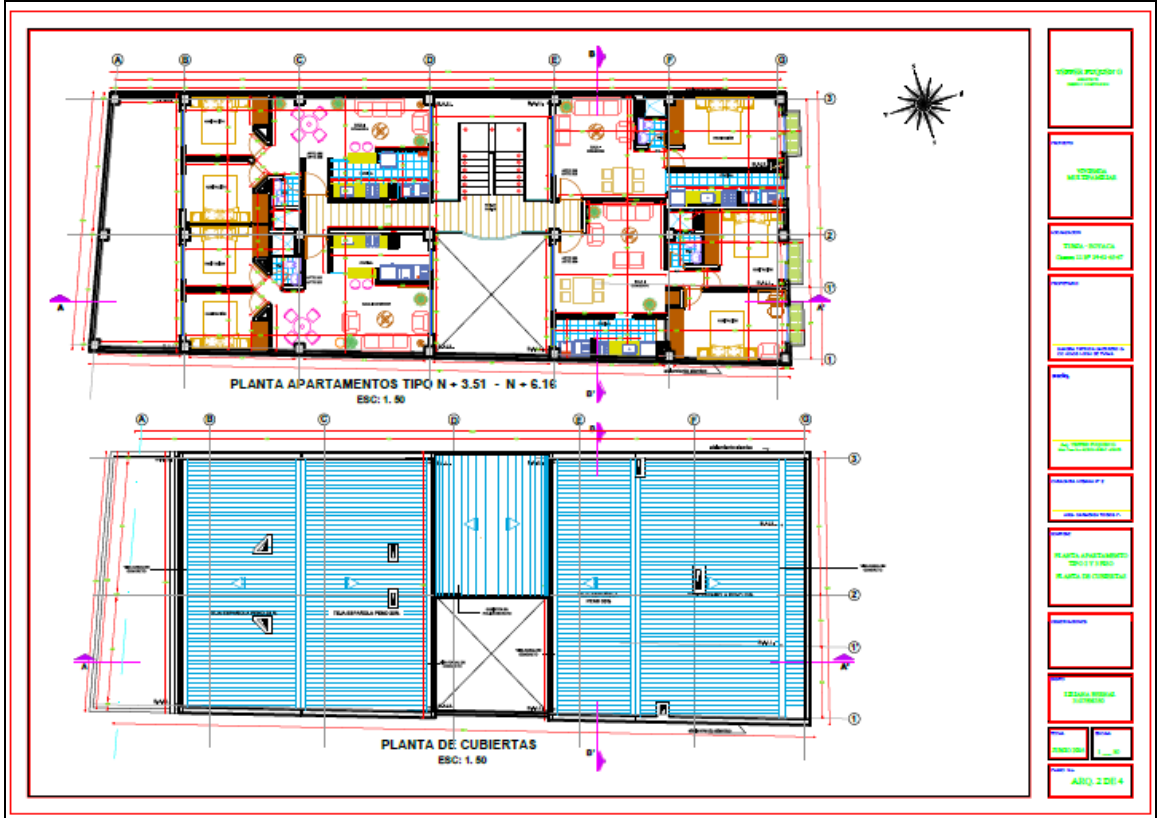
### Ilustración 47: Cortes y Fachadas.



Fuente: ESSCO SAS, 2016.

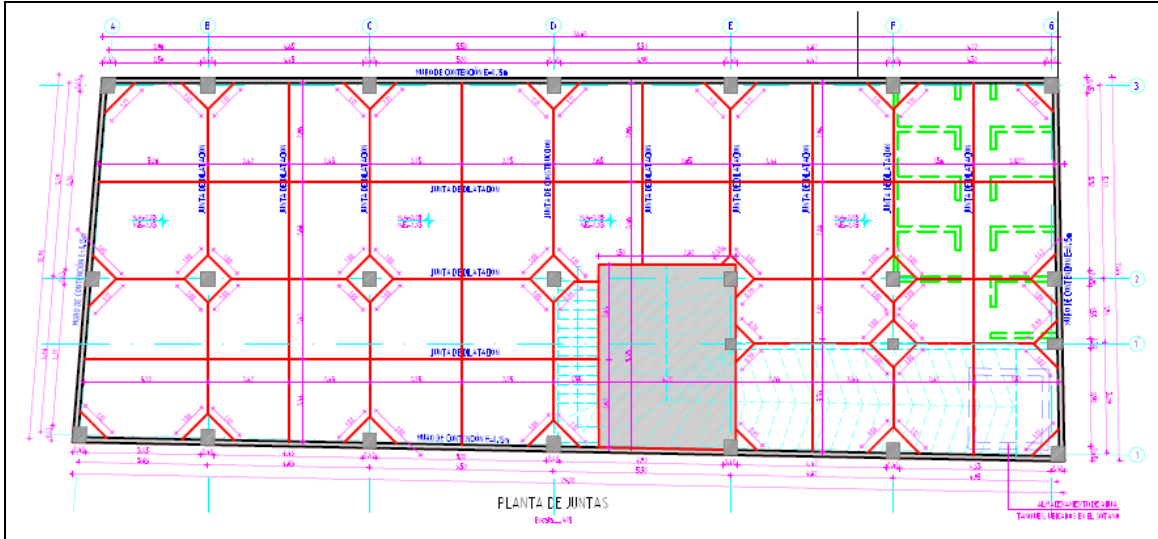


### **Ilustración 48: Planta Cubierta y Apartamento Tipo.**



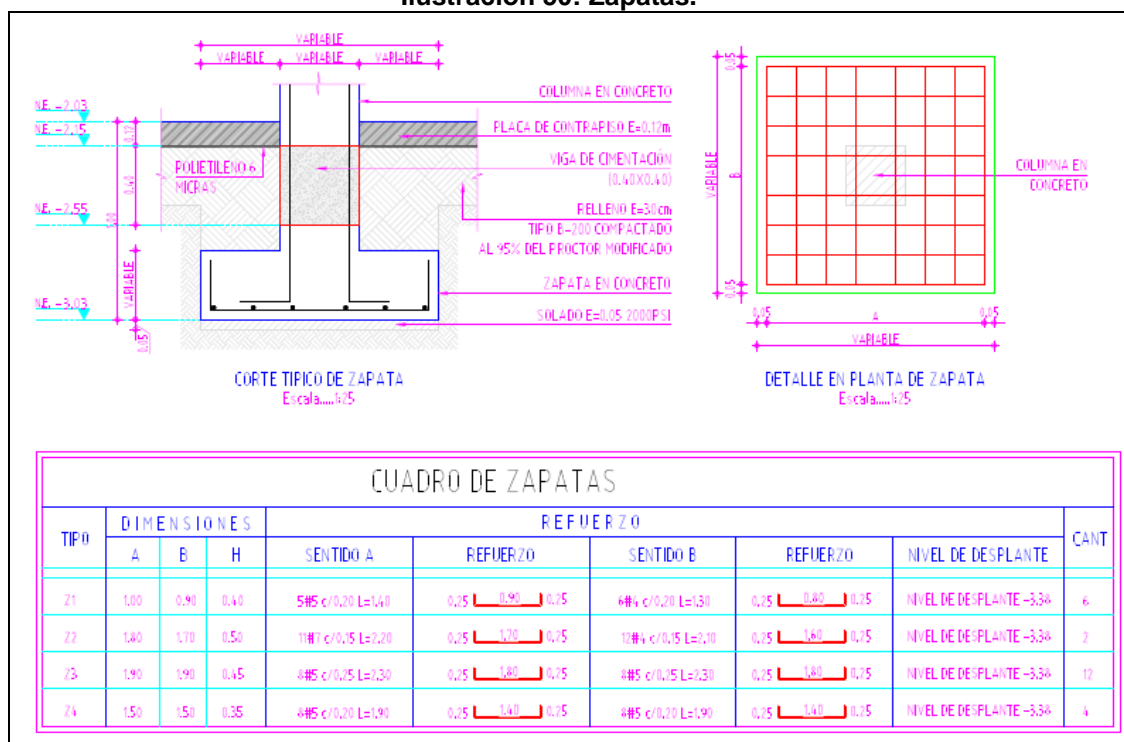
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

### **Ilustración 49: Planta de Juntas.**



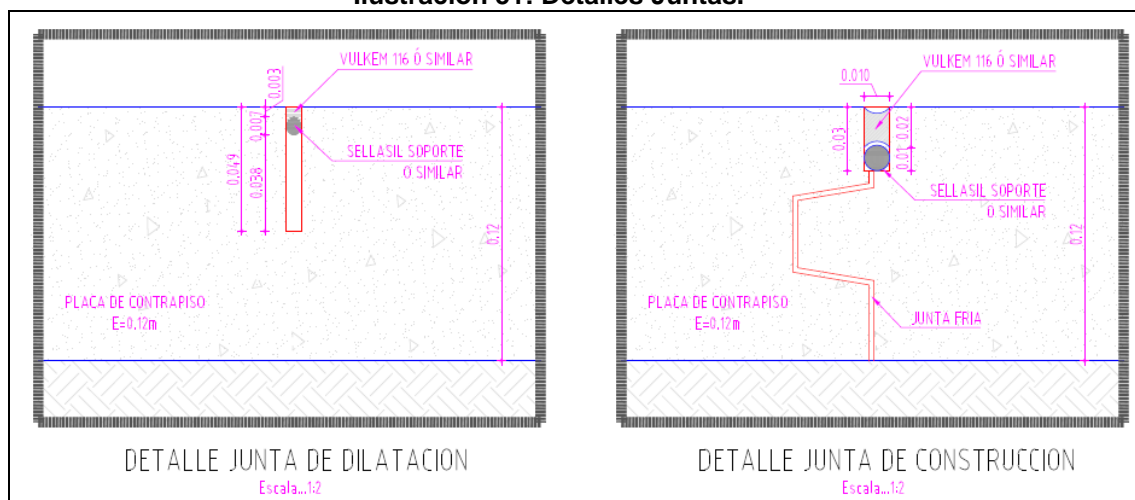
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 50: Zapatas.**



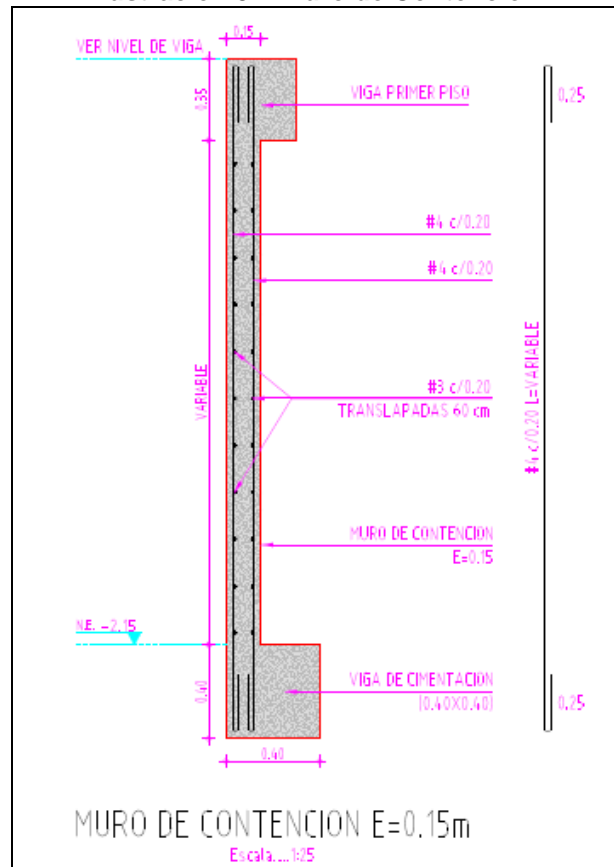
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 51: Detalles Juntas.**



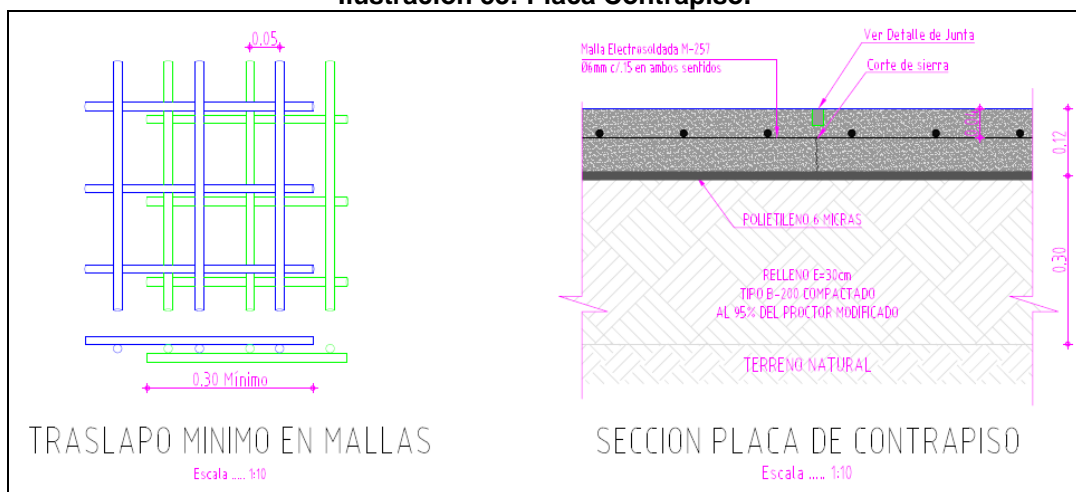
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 52: Muro de Contención.**



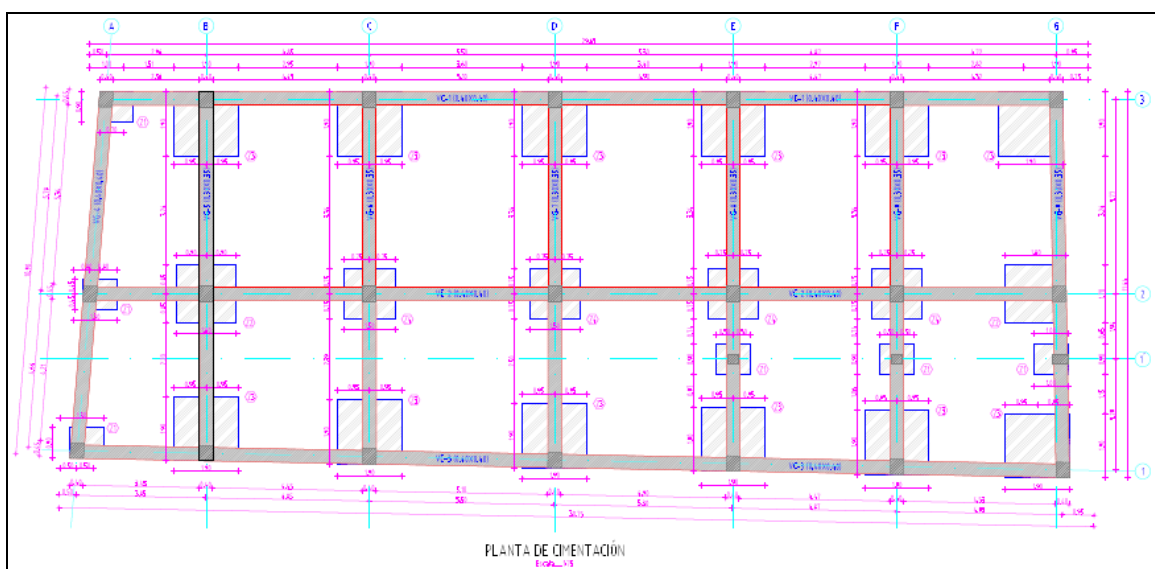
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 53: Placa Contrapiso.**



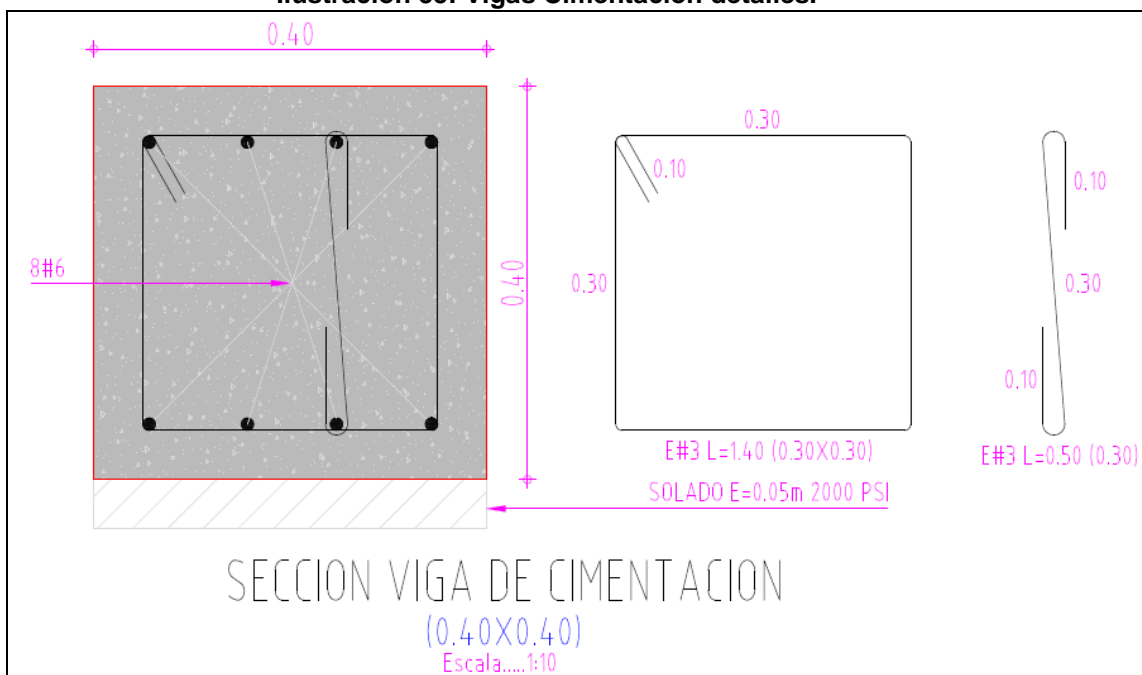
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 54: Planta Cimentación.**



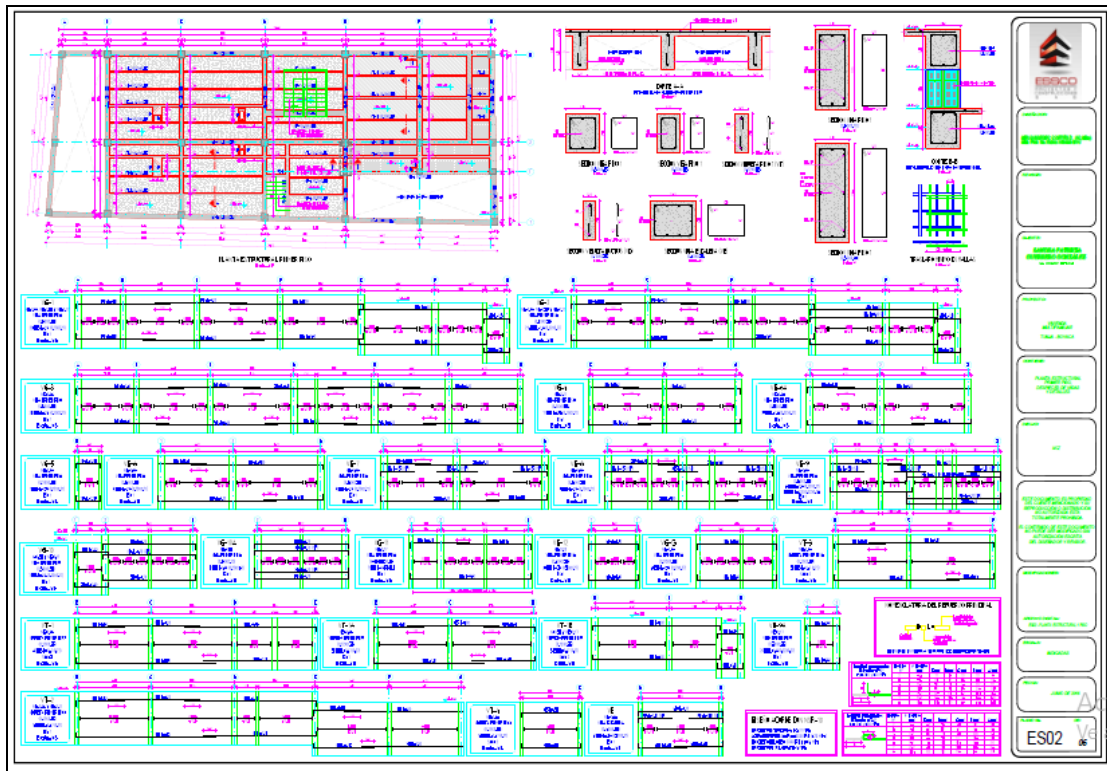
Fuente: ESSCO SAS, 2016

**Ilustración 55: Vigas Cimentación detalles.**



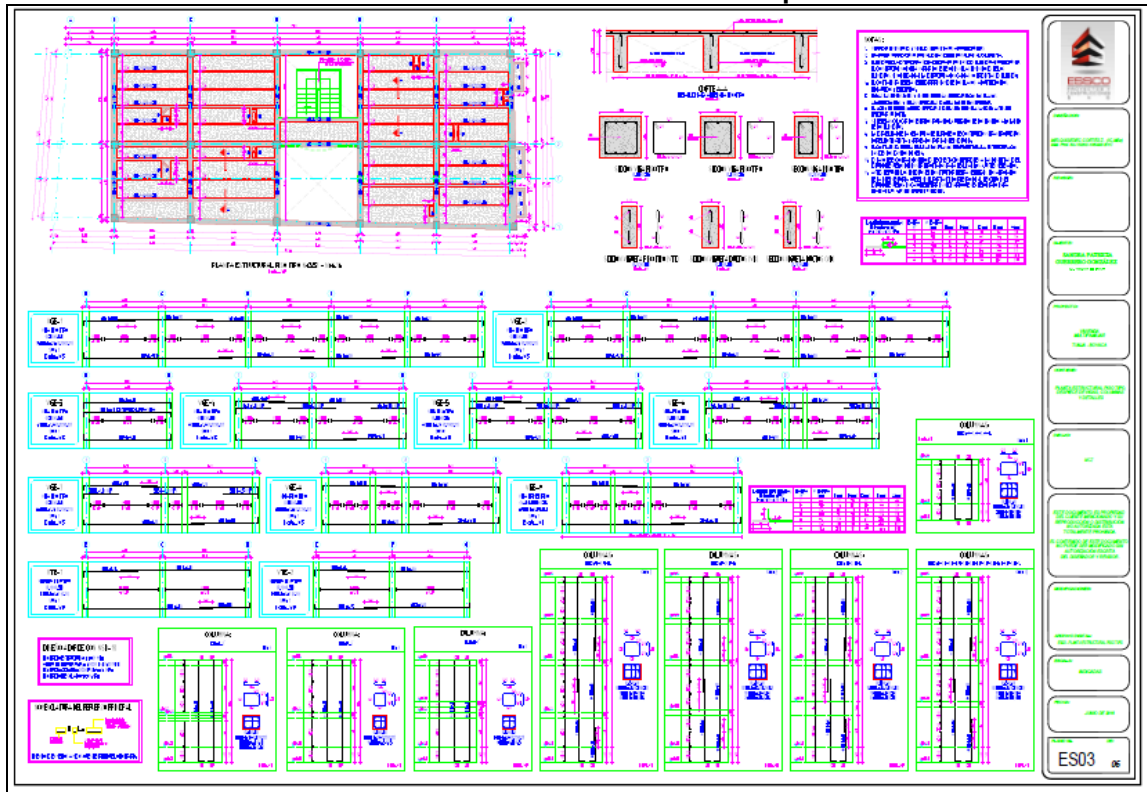
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

Ilustración 56: Planta Estructural Primer Piso.



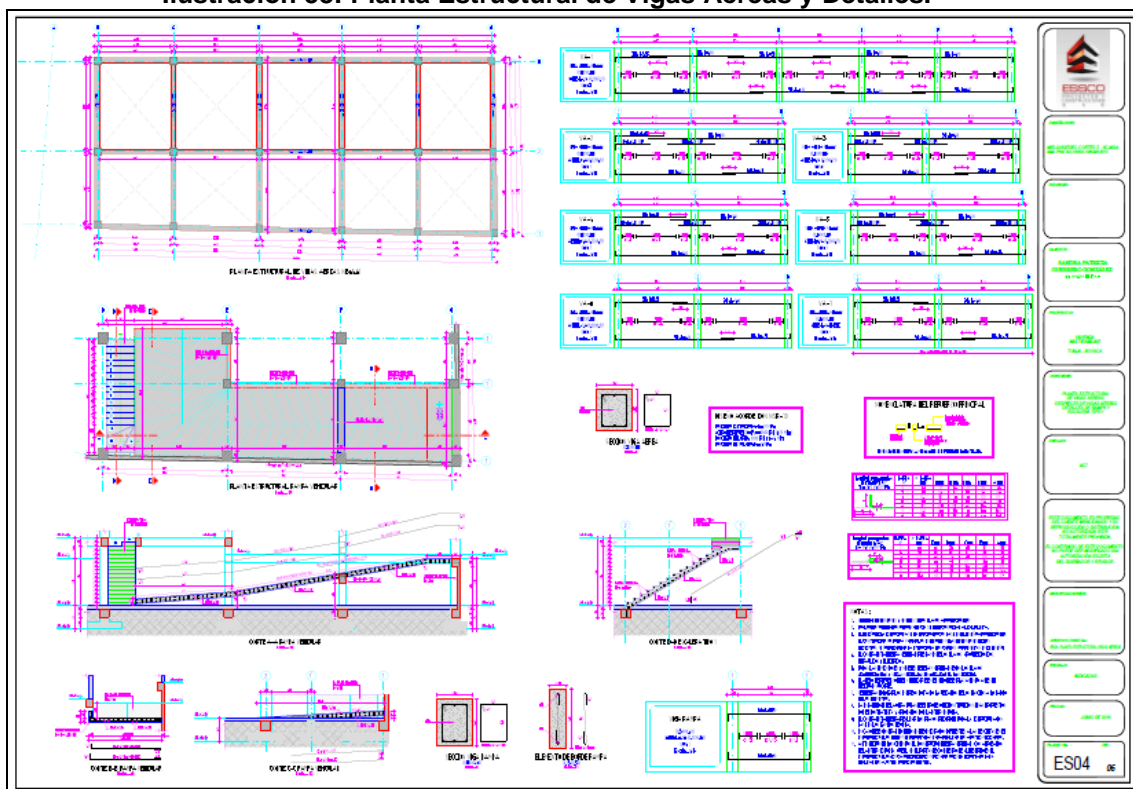
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

Ilustración 57: Planta Estructural Piso Tipo.



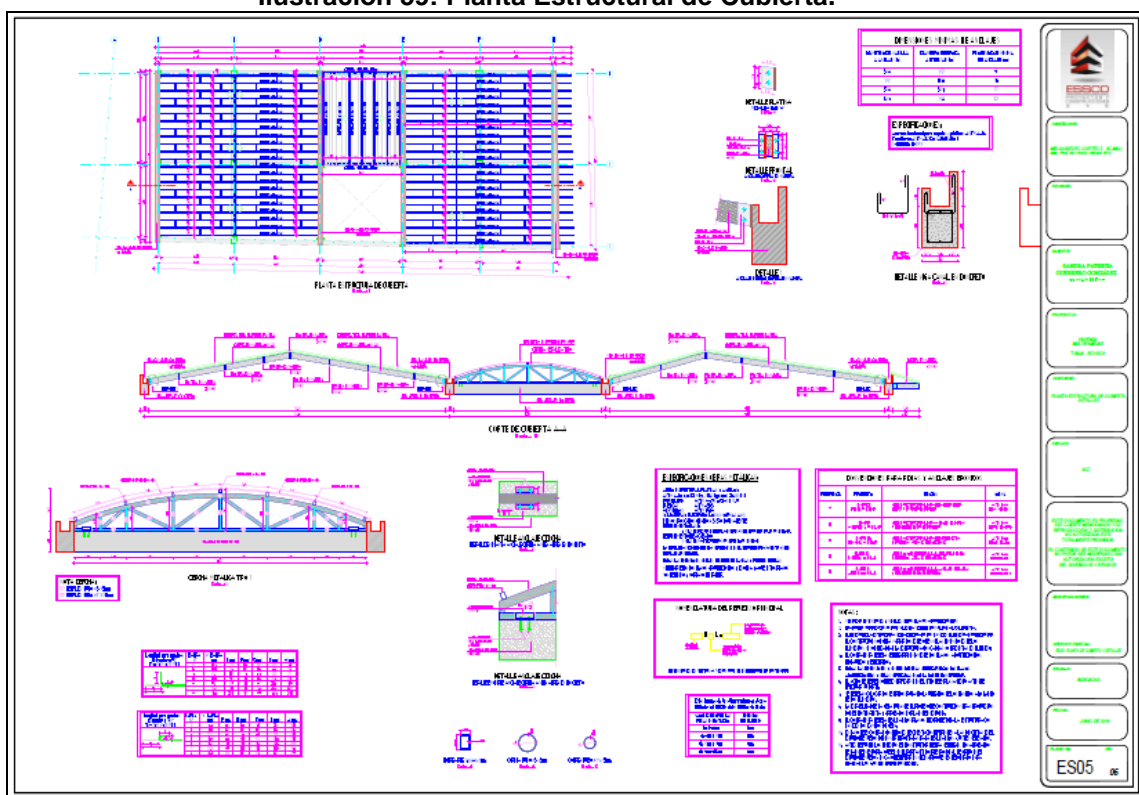
Fuente: ESSCO SAS, 2016.

**Ilustración 58: Planta Estructural de Vigas Aéreas y Detalles.**



Fuente: ESSCO SAS, 2016.

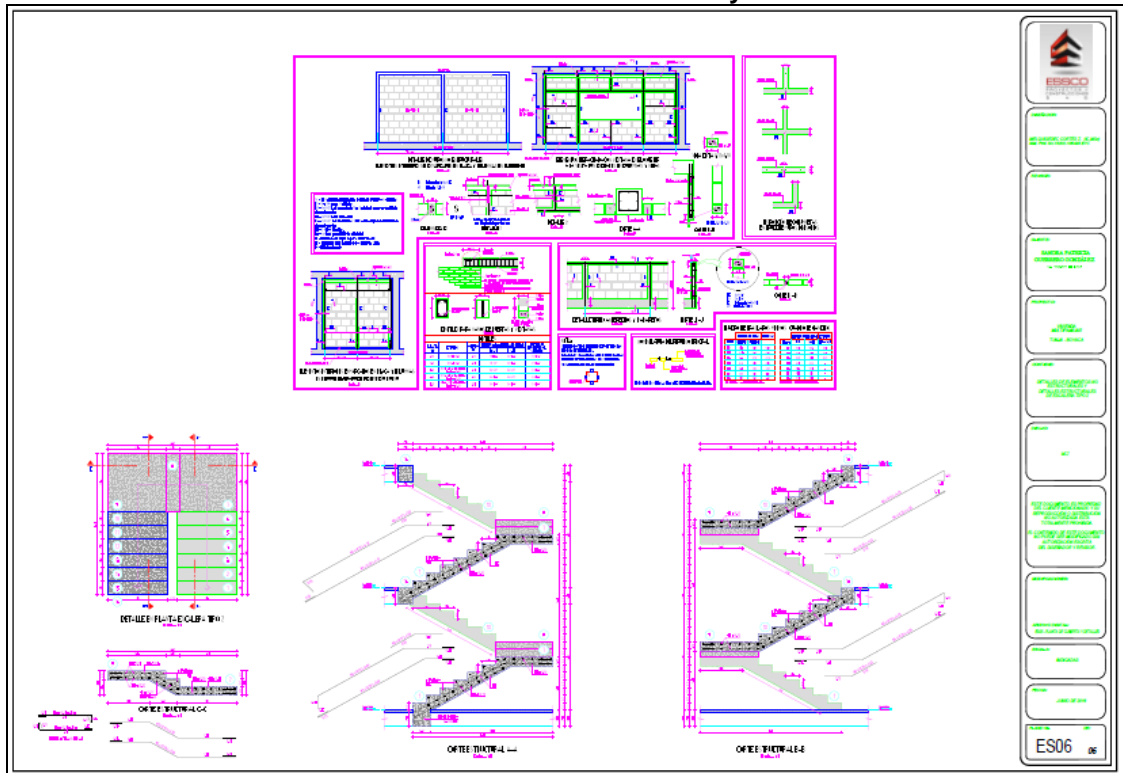
**Ilustración 59: Planta Estructural de Cubierta.**



Fuente: ESSCO SAS, 2016

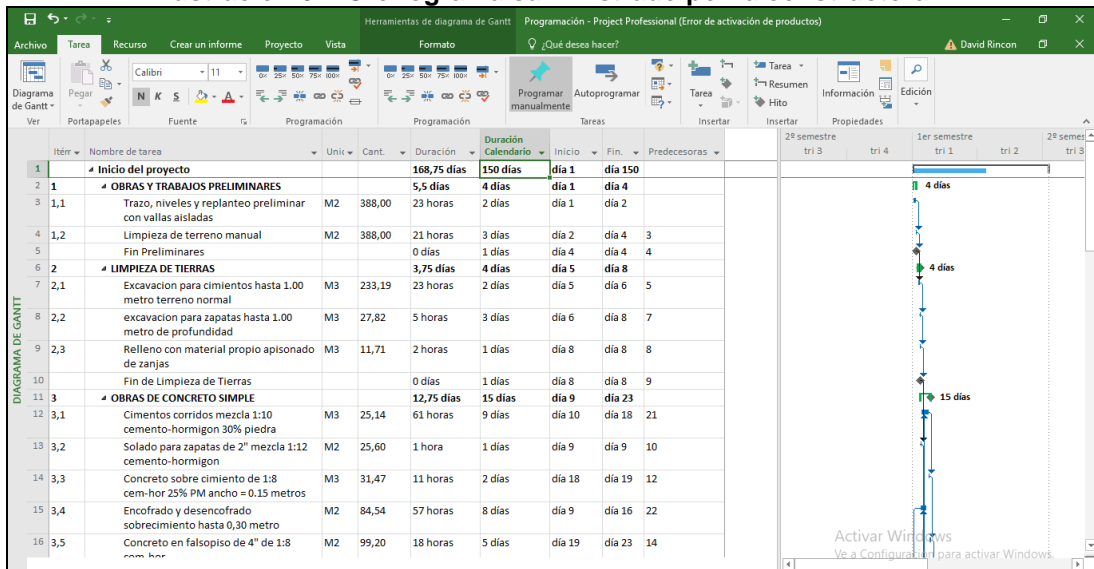


**Ilustración 60: Detalles No Estructurales y Escaleras.**



Fuente: ESSCO SA, 2016

**Ilustración 61: Cronograma suministrado por la constructora.**



Fuente: ESSCO SAS, 2016.

## 2. CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS MODELO CORREGIDO

Las siguientes tablas son de suma importancia para realizar la modelación en 4D (Tiempo, debido a que, con la cantidad, el área, volumen, etc., es posible obtener el tiempo de demora de cada actividad.

**Ilustración 62: Cuantificación Corregido Placa.**

<b>PLACA</b>					
<b>Piso de Origen</b>	<b>Cant.</b>	<b>Área</b>	<b>Volumen Neto</b>	<b>Volumen Total del Forjado</b>	<b>Material de Construcción</b>
<b>ZAPATAS</b>					
	24	63,84	27,82	27,82	Hormigón-Estructural
<b>Sótano</b>					
	4	314,59	33,72	49,32	Hormigón-Estructural
<b>NIVEL 0.0</b>					
	2	149,48	29,89	30,15	Hormigón-Estructural
	2	95,68	19,13	19,13	Ladrillo
<b>TIENDA</b>					
	2	3	0,03	0,03	Hormigón
	3	173,98	26,1	35,76	Hormigón-Estructural
					0
	2	1,26	0,13	0,13	Hormigón-Estructural
	2	5,03	0,24	0,26	Tierra
<b>Segundo piso</b>					
	1	184,3	18,43	29,14	Hormigón-Estructural
<b>Tercer piso</b>					
	1	184,3	18,43	29,14	Hormigón-Estructural
<b>Sumatoria</b>	<b>41</b>	<b>1.134,38 m<sup>2</sup></b>	<b>17392 m<sup>3</sup></b>	<b>212,82 m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ilustración 63: Cuantificación Corregida Vigas.

<b>VIGAS</b>					
<b>Piso de Origen</b>	<b>Altura</b>	<b>Área</b>	<b>Cant.</b>	<b>Volumen Neto</b>	<b>Material de Construcción</b>
<b>Sótano</b>					
	0,4	62,86	10	25,14	Hormigón Armado - Estructural
<b>NIVEL 0.0</b>					
	0,32	8,05	3	2,29	anden bordillo
<b>TIENDA</b>					
	0,35	73,79	51	25,79	Hormigón Armado - Estructural
	0,4	0,96	1	0,39	Hormigón Armado - Estructural
<b>Segundo piso</b>					
	0,35	63,6	57	22,29	Hormigón Armado - Estructural
<b>Tercer piso</b>					
	0,35	63,6	57	22,29	Hormigón Armado - Estructural
<b>Cubierta</b>					
	0,18	2,84	131	0,35	Madera - Cubiertas
	0,35	28,75	5	10,07	Hormigón Armado - Estructural
	0,5	6,26	2	2,66	viga canal interior
	0,557	0,41	1	0,65	perfiles de cubierta curva
	0,64	0,76	2	0,16	estructura de cubierta metálica domo
	0,65	6,58	2	2,99	viga canal bordes
	1,085	0	22	2,42	vigas de madera lado izquierdo cubierta (1)
	1,09	0	23	2,3	vigas de madera lado derecho cubierta
<b>Sumatoria</b>	<b>141,517 m</b>	<b>318,46 m<sup>2</sup></b>	<b>367</b>	<b>119,79 m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ilustración 64: Cuantificación Corregida Columnas.

<b>COLUMNAS - PILAR</b>					
<b>Cant.</b>	<b>Piso de Origen</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Volumen Total del Pilar (m3)</b>	<b>Material de Construcción</b>
<b>1</b>					
	<b>ZAPATAS</b>	0,04	0,25	0,06	columna b 2
	<b>ZAPATAS</b>	0,05	0,25	0,06	COLUMNA E
	<b>ZAPATAS</b>	0,05	0,25	0,06	COLUMNA D
	<b>ZAPATAS</b>	0,05	0,35	0,06	COLUMNA E
	<b>ZAPATAS</b>	0,05	0,35	0,06	columna a 1
	<b>ZAPATAS</b>	0,43	5,84	0,56	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>Sótano</b>	0,17	1,3	0,18	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>Sótano</b>	0,32	1,85	0,37	COLUMNA E
	<b>Sótano</b>	0,32	2,03	0,37	COLUMNA D
	<b>Sótano</b>	0,33	1,3	0,37	columna b 2
	<b>Sótano</b>	0,34	2,03	0,37	COLUMNA E
	<b>Sótano</b>	0,37	2,03	0,37	columna b 2
	<b>Sótano</b>	0,46	2,89	0,52	columna a 1
	<b>NIVEL 0.0</b>	0,55	3,51	0,63	COLUMNA D
	<b>Segundo piso</b>	0,42	2,65	0,48	COLUMNA D
	<b>Tercer piso</b>	0,45	2,65	0,48	COLUMNA D
<b>2</b>					
	<b>ZAPATAS</b>	0,04	0,25	0,06	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>ZAPATAS</b>	0,1	0,25	0,12	COLUMNAS A
	<b>Sótano</b>	0,95	2,89	1,04	COLUMNAS A
	<b>NIVEL 0.0</b>	1,04	3,51	1,26	columna b 2
	<b>NIVEL 0.0</b>	1,07	3,51	1,26	COLUMNA E
	<b>Segundo piso</b>	0,84	2,65	0,96	COLUMNA E
	<b>tercer piso</b>	0,85	2,65	0,96	COLUMNA E
<b>3</b>					
	<b>Sótano</b>	1,38	2,89	1,56	columna b 2
	<b>0</b>	1,25	2,65	1,44	columna b 2

<b>COLUMNAS - PILAR</b>					
<b>Cant.</b>	<b>Piso de Origen</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Volumen Total del Pilar (m3)</b>	<b>Material de Construcción</b>
<b>4</b>					
	<b>ZAPATAS</b>	0,19	0,35	0,24	columna b 2
	<b>NIVEL 0.0</b>	1,96	3,51	2,52	Bloque Hormigón-Estructural
<b>5</b>					
	<b>Sótano</b>	1,71	2,03	1,75	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>Segundo piso</b>	2,1	2,65	2,4	columna b 2
	<b>Tercer piso</b>	2,1	2,65	2,4	columna b 2
<b>6</b>					
	<b>Sótano</b>	2,77	2,89	3,12	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>0</b>	2,5	2,65	2,88	Bloque Hormigón-Estructural
<b>10</b>					
	<b>Segundo piso</b>	4,2	2,65	4,8	Bloque Hormigón-Estructural
	<b>Tercer piso</b>	4,2	2,65	4,8	Bloque Hormigón-Estructural
<b>11</b>					
	<b>ZAPATAS</b>	0,54	0,35	0,65	Bloque Hormigón-Estructural
<b>102</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>34,19 m³</b>		<b>39,22 m³</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 65: Cuantificación Corregida Muros.**

<b>ESQUEMA DE MUROS</b>					
<b>Piso de Origen</b>	<b>Tipo Muro</b>	<b>Altura [m]</b>	<b>Espesor [m]</b>	<b>Área [m2]</b>	<b>Volumen [m3]</b>
<b>Sótano</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,89	0,15	4,27	9,86
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,89	0,15	1,61	3,65
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,89	0,15	4,43	10,27
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,98	1,57
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,8	1,62
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,26	0,55
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,23	0,48
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,613	0,15	0,72	0,99
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,28	0,55
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,186	0,15	1,14	1,3
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,26	0,52
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,26	0,5
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,03	0,15	0,27	0,5
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,26	0,57
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,26	0,53
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,26	0,53
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,38	0,15	0,88	0,95
<b>NIVEL 0.0</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	0,86	0,15	0,44	0,31
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,692	0,15	0,04	0,05
<b>TIENDA</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,393	0,09	0,02	0,04
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,393	0,15	0,55	0,37
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,743	0,15	0,8	1,44

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,16	0,15	2,85	5,92
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,393	0,1	0,09	0,13
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,16	0,15	0,03	0,06
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,15	0,11	0,37
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,393	0,09	0,02	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,992	0,4	0,1	0,29
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,15	0,72	0,92
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,15	0,02	0,07
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,4	0,09	0,26
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,51	0,15	0,63	0,76
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,16	0,15	0,31	0,91
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,15	1,39	4,21
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,51	0,15	0,07	0,3
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,743	0,15	0,19	0,51
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,342	0,15	0,04	0,12
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,743	0,15	0,41	0,67
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,51	0,15	0,07	0,23
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,743	0,15	0,21	0,58
	Bloque de Mampostería - Acabado	3,51	0,15	0,42	0,28
<b>0</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,76	1,75
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,67	1,53
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,8	1,13
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,64	0,77
	Bloque de Mampostería -	2,65	0,15	0,67	1,53

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Acabado				
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,77	1,75
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	3,5	7,29
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,65	1,62
	Bloque de Mampostería - Acabado	0,5	0,1	0,13	0,07
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,71	1,69
	Bloque de Mampostería - Acabado	0,5	0,1	0,27	0,13
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,06	0,2
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,15	0,07
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,26
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,15	0,36
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,24
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,21	0,32
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,12	0,24
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,02	0,04
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,19
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,74	1,54
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,78	1,72
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,03	0,05
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,2	0,5
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,3	0,68
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,09	0,25
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,03	0,03
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,15	0,14



ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,03
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,14	0,14
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,42	1,02
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,29	0,73
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,02
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,12	0,3
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,03	0,07
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,18
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,42	2,39
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,05	2,58
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,49	0,95
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,19	0,49
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,34	0,79
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,19
<b>Segundo piso</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,76	1,76
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,67	1,54
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,8	1,14
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,64	0,78
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,67	1,54
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,77	1,76
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	2,09	4,22

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,97	3,93
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	3,03	5,9
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,06	0,2
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	3,84	6,11
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,26
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,61	3,44
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,25
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,66	3,69
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,54	1,35
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,73	1,27
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,84	1,86
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,85	1,84
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,87	1,94
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,31	0,6
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,27	0,69
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,39	0,86
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,3	0,77
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,41	1
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,15	0,14
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,03
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,14	0,14
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,42	1,03

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,29	0,74
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,02
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,12	0,3
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,03	0,07
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,19
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,42	2,4
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,05	2,59
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,49	0,95
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,19	0,49
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,34	0,8
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,2
<b>Tercer piso</b>					
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,76	1,76
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,67	1,54
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,8	1,14
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,64	0,78
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,67	1,54
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,77	1,76
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	2,09	4,22
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,97	4,08
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	3,03	6,09
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,06	0,24
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	3,73	6,23
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,27
	Bloque de Mampostería -	2,65	0,15	1,61	3,46

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Acabado				
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,11	0,12	0,27
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,66	3,94
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,54	1,44
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,73	1,43
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,84	1,95
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,85	1,99
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,87	2,05
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,31	0,62
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,27	0,75
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,39	0,88
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,3	0,79
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,41	1,04
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,15	0,16
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,03
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0	0
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,14	0,16
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,42	1,06
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,29	0,77
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,01	0,02
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,12	0,31
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,03	0,08
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,21

ESQUEMA DE MUROS					
Piso de Origen	Tipo Muro	Altura [m]	Espesor [m]	Área [m2]	Volumen [m3]
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,42	2,43
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	1,05	2,74
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,49	1
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,19	0,52
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,34	0,85
	Bloque de Mampostería - Acabado	2,65	0,15	0,08	0,21
Cubierta					
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,05	0,15	1,4	0,85
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,05	0,15	1,4	0,85
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,05	0,15	1,51	0,92
	Bloque de Mampostería - Acabado	1,05	0,15	1,52	0,92
<b>SUMATORIA</b>		<b>447,689</b>	<b>25,82</b>	<b>108,4</b>	<b>212,85</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 66: Cuantificación Corregida Escaleras.**

ESCALERAS						
Piso de Origen	Can.	Altura (m)	Área (m2)	Altura Con Esc.	Núm. Con Escalera (total)	Núm. Con Escalera (Tramo)
Sótano	1	2,89	6,24	0,18	16	14; 0
TIENDA	1	2,65	7,62	0,17	16	6; 1; 7
Segundo piso	1	2,65	7,62	0,17	16	6; 1; 7
<b>SUMATORIA</b>	<b>3</b>	<b>8,19</b>	<b>21,48</b>	<b>0,52</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 67: Cuantificación Corregida Cubierta.**

<b>CUBIERTA</b>					
<b>Piso de Origen</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Cant.</b>	<b>Material de Construcción</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen Total de la Cubierta</b>
<b>Cubierta</b>					
	233,31	5	Ladrillo - Acabado	23,76	23,76
<b>Sumatoria</b>	<b>233,31 m<sup>2</sup></b>	<b>5</b>		<b>23,76 m<sup>3</sup></b>	<b>23,76 m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3. MODELADO VIVIENDA MULTIFAMILIAR CORREGIDO

Anteriormente se muestra como se encuentra el proyecto de la vivienda sin sus detalles de puertas, ventanas, barandas, etc. En esta modelación ya mostramos como se debe ver este proyecto de infraestructura con cada detalle.

**Ilustración 68: Detalles Corregido.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los sanitarios ya se amplían según nuestra vista para su correspondiente corrección.

**Ilustración 69: Sanitario corregido 1.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

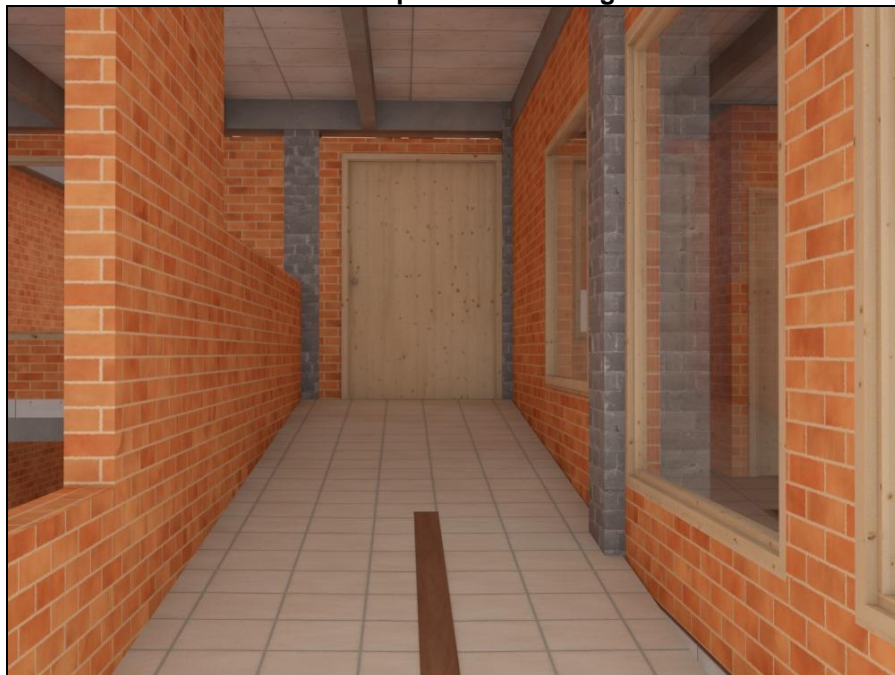
**Ilustración 70: Sanitario corregido 2.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- La rampa ya se muestra corregida con una correspondiente pendiente efectuada con la altura que se encontraba la parte inferior de la puerta.

**Ilustración 71: Rampa acceso corregida.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.



- El ducto no existe debido a que en los pisos superiores este no se muestra en los planos y corregido se muestra de esta manera.

**Ilustración 72: Ducto corregido.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Se aumenta el acceso de las escaleras, ya que el paso de una persona era muy pequeño, corrigiendo se tuvo que aumentar su altura y la placa del primer piso aumento.

**Ilustración 73: Ingreso escalera corregida.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA SIMULACION CONSTRUCTIVA y REFERENTE AL MODELADO CORREGIDO

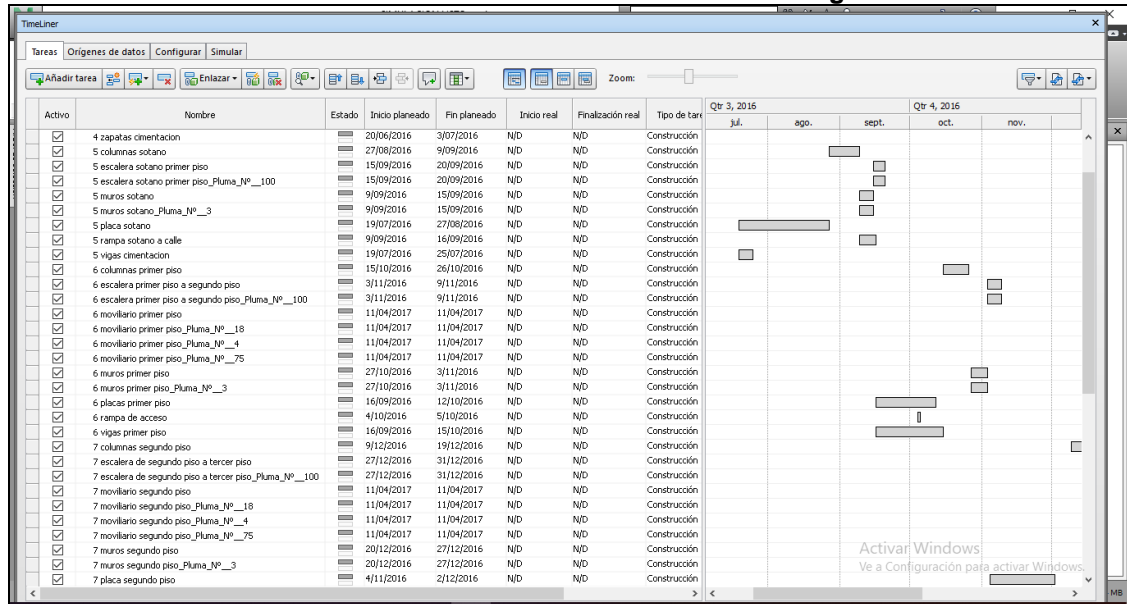
Tabla 11: Cronograma simulación constructiva corregido.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - SIMULACIÓN CONTRUCTIVA - CORREGIDO		
PROCESO CONSTRUCTIVO	FECHA/INICIO	FECHA/FIN
<i>Zapata Cimentación</i>	<i>Lunes, 20 De Junio De 2016</i>	<i>Domingo, 3 De Julio De 2016</i>
<i>Columnas con Zapatas</i>	<i>Lunes, 4 De Julio De 2016</i>	<i>Lunes, 18 De Julio De 2016</i>
<i>Vigas Cimentación</i>	<i>Martes, 19 De Julio De 2016</i>	<i>Lunes, 25 De Julio De 2016</i>
<i>Placa Sótano</i>	<i>Martes, 19 De Julio De 2016</i>	<i>Sábado, 27 De Agosto De 2016</i>
<i>Columna Sótano</i>	<i>Sábado, 27 De Agosto De 2016</i>	<i>Viernes, 9 De Septiembre De 2016</i>
<i>Muros Sótano</i>	<i>Viernes, 9 De Septiembre De 2016</i>	<i>Jueves, 15 De Septiembre De 2016</i>
<i>Rampa sótano</i>	<i>Viernes, 9 De Septiembre De 2016</i>	<i>Viernes, 16 De Septiembre De 2016</i>
<i>Escalera Sótano</i>	<i>Jueves, 15 De Septiembre De 2016</i>	<i>Martes, 20 De Septiembre De 2016</i>
<i>Placa Primer Piso</i>	<i>Viernes, 16 De Septiembre De 2016</i>	<i>Miércoles, 12 De Octubre De 2016</i>
<i>Vigas Primer Piso</i>	<i>Viernes, 16 De Septiembre De 2016</i>	<i>Sábado, 15 De Octubre De 2016</i>

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA - CORREGIDO		
PROCESO CONSTRUCTIVO	FECHA/INICIO	FECHA/FIN
	2016	
<i>Rampa de Acceso</i>	<i>Martes, 4 De Octubre De 2016</i>	Miércoles, 5 De Octubre De 2016
<i>Columnas Primer Piso</i>	<i>Sábado, 15 De Octubre De 2016</i>	Miércoles, 26 De Octubre De 2016
<i>Muros Primer Piso</i>	<i>Jueves, 27 De Octubre De 2016</i>	Jueves, 3 De Noviembre De 2016
<i>Escaleras Primer-Segundo Piso</i>	Jueves, 3 De Noviembre De 2016	Miércoles, 9 De Noviembre De 2016
<i>Placas Segundo Piso</i>	Viernes, 4 De Noviembre De 2016	Viernes, 2 De Diciembre De 2016
<i>Vigas Segundo Piso</i>	Viernes, 4 De Noviembre De 2016	Viernes, 9 De Diciembre De 2016
<i>Columnas Segundo Piso</i>	Viernes, 9 De Diciembre De 2016	Lunes, 19 De Diciembre De 2016
<i>Muros Segundo Piso</i>	Martes, 20 De Diciembre De 2016	Martes, 27 De Diciembre De 2016
<i>Escaleras Segundo - Tercer Piso</i>	Martes, 27 De Diciembre De 2016	Sábado, 31 De Diciembre De 2016
<i>Placas Tercer Piso</i>	Martes, 27 De Diciembre De 2016	Martes, 24 De Enero De 2017
<i>Vigas Tercer Piso</i>	Martes, 27 De Diciembre De 2016	Sábado, 30 De Diciembre De 2017
<i>Columnas Tercer Piso</i>	Domingo, 1 De Enero De 2017	Jueves, 9 De Febrero De 2017
<i>Muros Tercer Piso</i>	Viernes, 10 De Febrero De 2017	Viernes, 17 De Febrero De 2017
<i>Viga Cubierta en Concreto</i>	Sábado, 18 De Febrero De 2017	Viernes, 24 De Febrero De 2017
<i>Estructura Domo</i>	Sábado, 25 De Febrero De 2017	Miércoles, 1 De Marzo De 2017
<i>Viguetas de Madera</i>	Sábado, 25 De Febrero De 2017	Martes, 7 De Marzo De 2017
<i>Cubierta en Ladrillo</i>	Martes, 7 De Marzo De 2017	Lunes, 10 De Abril De 2017
<i>Cubierta en Policarbonato</i>	Jueves, 2 De Marzo De 2017	Viernes, 3 De Marzo De 2017
<i>Muros Cubierta</i>	Lunes, 10 De Abril De 2017	Lunes, 10 De Abril De 2017

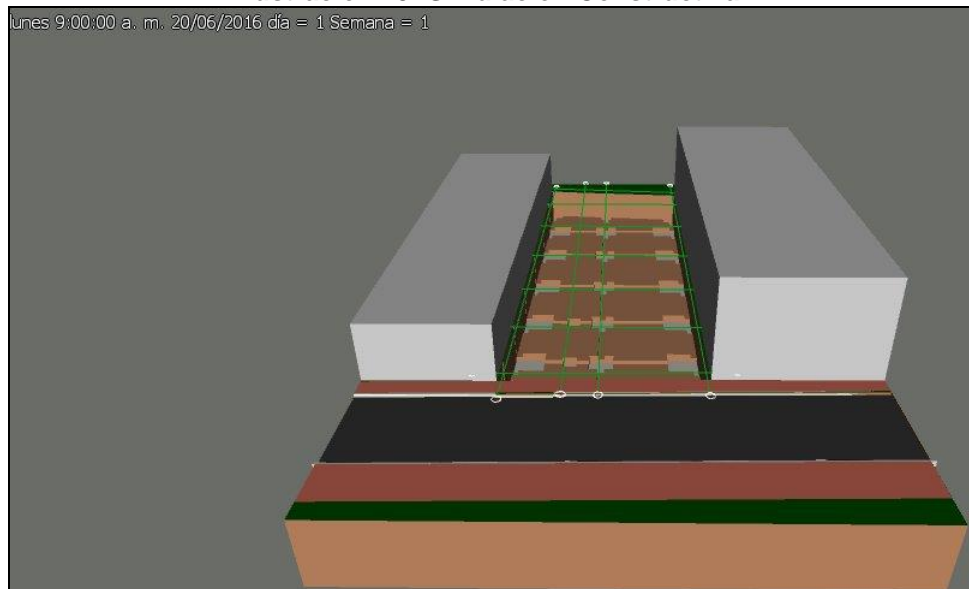
Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 74: Lista de Tareas Navisworks Corregido.**



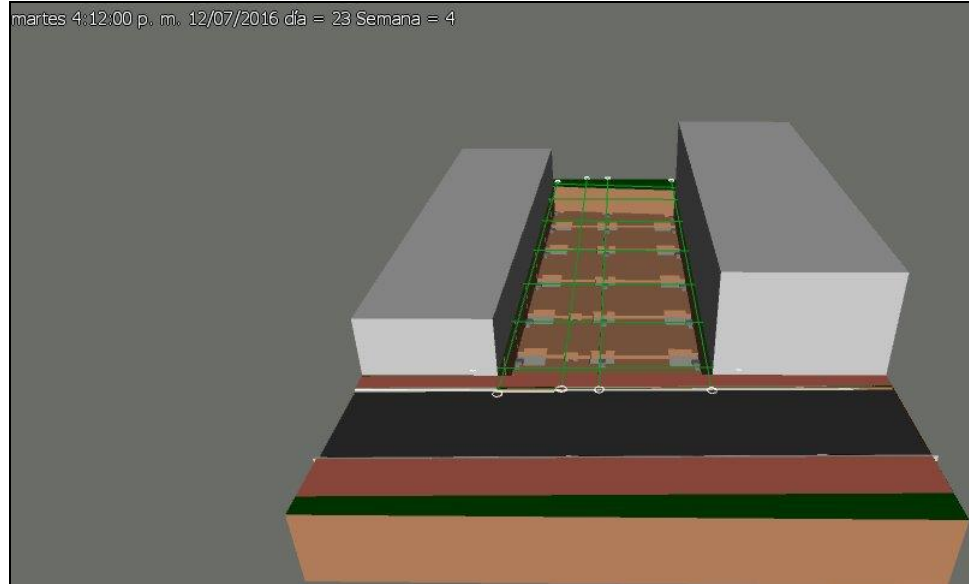
Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 75: Simulación Constructiva.**



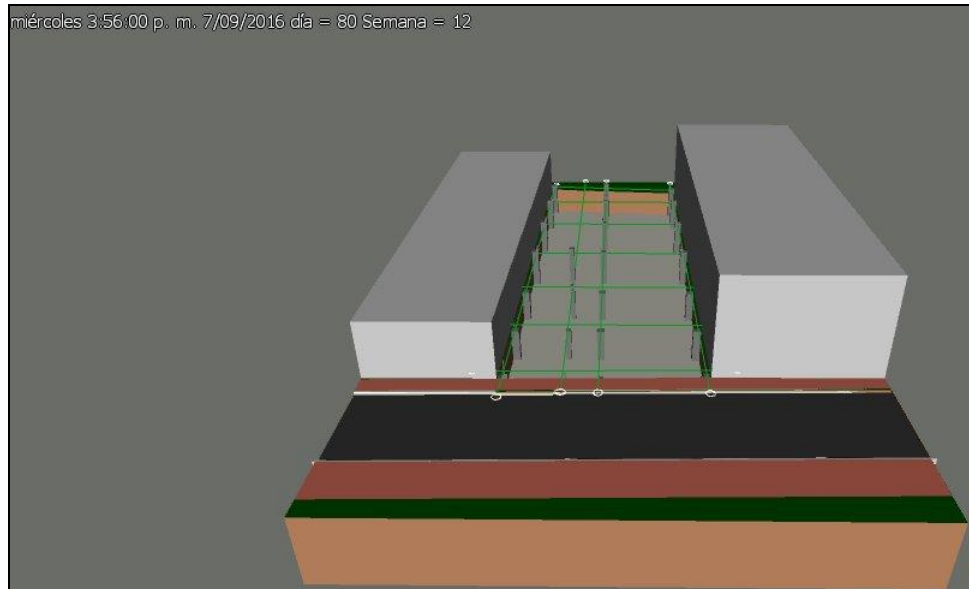
Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 76: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 77: Simulación Constructiva.



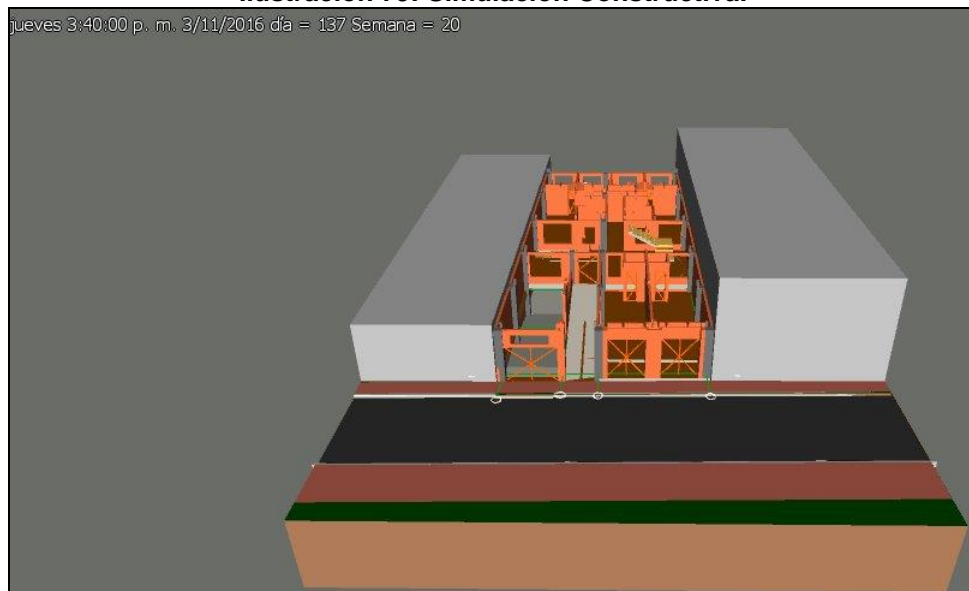
Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 78: Simulación Constructiva.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 79: Simulación Constructiva.**



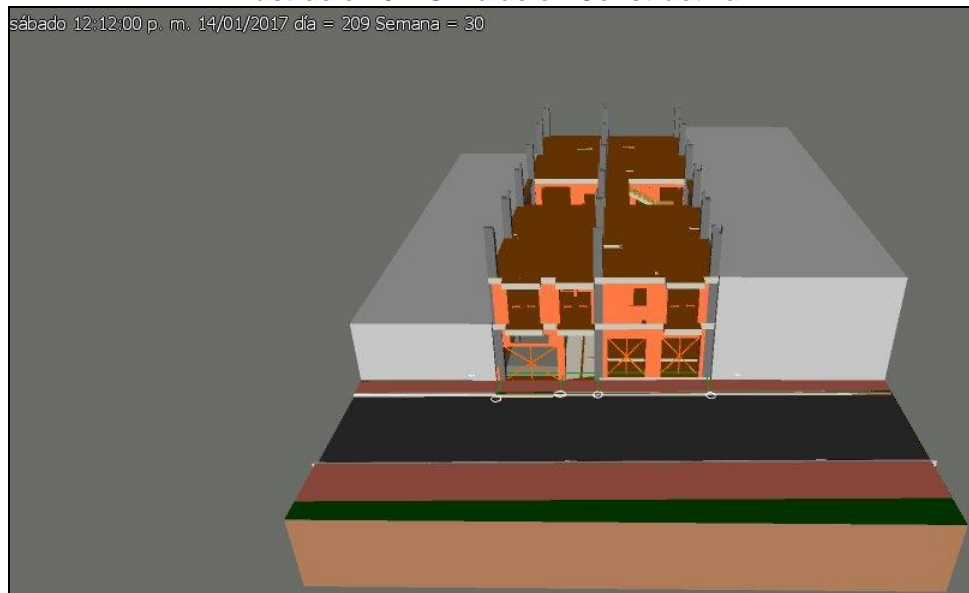
Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 80: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 81: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 82: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 83: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Ilustración 84: Simulación Constructiva.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Ilustración 85: Simulación Constructiva.**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### Ilustración 86: Simulación Constructiva.



Fuente: Elaboración propia, 2019.